



TESIS - KI142502

**Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Fundus
Menggunakan *Isotropic Undecimate Wavelet Transform*
dan *Fuzzy-Region Growing***

Putri Nur Rahayu
NRP. 5115201018

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Chastine Fatichah, S. Kom, M.Kom
NIP: 19751220 20011220 02

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN KOMPUTASI CERDAS DAN VISUALISASI

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:
Putri Nur Rahayu
Nrp. 5115201018

Dengan judul :
SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA FUNDUS MENGGUNAKAN
ISOTROPIC UNDECIMATED WAVELET TRANSFORM DAN FUZZY-REGION
GROWING

Tanggal Ujian : 13-07-2017
Periode Wisuda : 2016 Genap

Disetujui oleh:

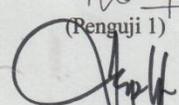
Dr. Eng. Chastine Faticah, S. Kom, M.Kom
NIP: 19751220 20011220 02


(Pembimbing 1)

Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom
NIP. 197104281994122001


(Penguji 1)

Arya Yudhi Wijaya, S.Kom, M.Kom
NIP. 198409042010121002


(Penguji 2)

Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc
NIP. 198106222005012002


(Penguji 3)



Dekan Fakultas Teknologi Informasi,

Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom.
NIP. 197208091995121001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Fundus Menggunakan *Isotropic Undecimated Wavelet Transform* dan *Fuzzy Region-Growing*

Nama Mahasiswa

Putri Nur Rahayu

NRP

5115201018

Pembimbing I

Dr. Eng. Chastine Fatichah, S. Kom, M.Kom

ABSTRAK

Segmentasi pembuluh darah pada citra retina menjadi hal yang substansial dalam dunia kedokteran, karena citra retina dapat digunakan untuk mendeteksi beberapa penyakit, seperti: *diabetic retinopathy*, *hypertension*, dan *cardiovascular*. Dokter membutuhkan waktu yang lama untuk mendeteksi pembuluh darah retina terutama pembuluh darah tipis karena diproses secara manual, sehingga diperlukan metode yang dapat membantu proses diagnosis agar lebih cepat.

Pada penelitian ini menggabungkan metode *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy-region growing* (FRG) untuk segmentasi pada citra fundus. Metode IUWT digunakan sebagai segmentasi awal, sedangkan FRG digunakan untuk segmentasi akhir pada pembuluh darah tebal dan tipis. Input awal yaitu citra fundus yang diambil *green channel* selanjutnya diproses dengan IUWT dan FRG. Output hasil segmentasi IUWT dan FRG yaitu pembuluh darah tebal dan tipis.

Skenario uji coba menggunakan dua skenario yang pertama uji coba perbandingan dengan citra *groundtruth*, skenario kedua perbandingan hasil segmentasi IUWT dan *fuzzy-region growing*. Rata-rata metode IUWT dan FRG lebih tinggi yaitu 92 % daripada metode IUWT dan *thresholding* sebesar 83%.

Kata kunci : Segmentasi Pembuluh darah Fundus, *Isotropic Undecimated Wavelet Transform* dan *Fuzzy-Region Growing*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Segmentation of Blood Vessels Using Imagery In Fundus with *Isotropic Undecimated Wavelet Transform dan Fuzzy-Region Growing*

Nama Mahasiswa

Putri Nur Rahayu

NRP

5115201018

Pembimbing I

Dr. Eng. Chastine Fatichah, S. Kom, M.Kom

ABSTRACT

Segmentation of the blood vessels in the retinal image becomes substantially in medicine, because the retinal image can be used to detect several diseases, such as diabetic retinopathy, hypertension, and cardiovascular. The doctor take a long time to detect retinal blood vessels especially thin blood vessels due to be processed manually, so we need automatic method that can help the diagnostic process to make it faster.

In this research combines methods isotropic undecimated wavelet transform (IUWT) and fuzzy region growing (FRG) for segmenting the image of the fundus. IUWT used to obtain the first segmentation, then the FRG used to finish the segmentation in the thick and thin blood vessels. The initial input is green channel. The result of segmentation are thick and thin blood vessels.

There are two scenario: the first scenario is used to trial the groundtruth comparison with the image, second scenario is used to comparison IUWT segmentation and fuzzy-region growing with the previous method IUWT and thresholding. Accuracy results show a better average yield of 92% for FRG and 83% for thresholding. The IUWT and FRG methods have been shown to segment blood vessels thick and thin both visually and accurately.

Keywords: Blood vessel segmentation in fundus, Isotropic Undecimated Wavelet Transform dan Fuzzy-Region Growing.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya, sehingga tesis yang berjudul “Segmentasi Pembuluh Darah Pada Citra Fundus Menggunakan *Isotropic Undecimated Wavelet Transform* dan *Fuzzy-Region Growing*” dapat diselesaikan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat pada perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknologi dan pendidikan. Selama proses penyusunan tesis ini. Secara khusus, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada:

1. Bapak Asmunir dan Ibu Luky Kustriani selaku orang tua yang selalu mendidik, membimbing dan memberikan motivasi, serta doa sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
2. Kakak-kakak terbaik Asti riani putri dan feby agung pamuji yang selalu memberikan doa serta dukungan.
3. Ibu Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing proses terselesainya tesis ini, serta membuka wawasan penulis dalam ilmu pengetahuan. Terimakasih banyak atas segala kebaikan ibu, semoga Alloh senantiasa merahmati ibu dan keluarga.
4. Ibu Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom, Arya Yudhi Wijaya, S.Kom, M.Kom, serta Ibu Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan ilmu, arahan, perbaikan dan saran pada tesis ini.
5. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Magister Teknik Informatika.
6. Teman-teman mahasiswa S2 Teknik Informatika angkatan 2015 yang telah membantu dan menjadi teman diskusi selama menyelesaikan penelitian ini maupun selama masa perkuliahan.

Laporan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian ini. Harapan yang diinginkan adalah, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun peneliti yang tertarik untuk mempelajari ataupun mengambil topik yang sama.

Surabaya, 22 July 2017

Putri Nur Rahayu

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR GAMBAR.....	3
DAFTAR TABEL	5
BAB I	7
PENDAHULUAN.....	7
1.1 Latar Belakang.....	7
1.2 Rumusan Masalah.....	9
1.3 Tujuan dan Manfaat	9
1.4 Kontribusi Penelitian.....	10
1.5 Batasan Masalah.....	10
BAB II.....	11
KAJIAN PUSTAKA.....	11
2.1 Retina.....	11
2.2 Praproses.....	11
2.3 Segmentasi Pembuluh Darah dengan analisis Ruang Skala.....	13
2.4 Fuzzy-Region Growing.....	15
BAB III.....	23
METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tahapan Penelitian.....	23
3.2 Rancangan Penelitian.....	25
3.3 Perancangan Uji Coba.....	35
Bab IV.....	35
UJICOBA DAN EVALUASI.....	37
4.1 Lingkungan Uji Coba.....	37
4.2 Data Uji Coba.....	37
4.3 Hasil Uji Coba Setiap Tahapan.....	38
4.4 Skenario Uji Coba.....	42
Bab V.....	51
PENUTUP.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	55
BIOGRAFI PENULIS.....	61

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

2.1 Gambar pembuluh darah tipis.....	11
2.2 Gambar fundus dari drive.....	12
2.3 Citra masking dan hasil <i>shrinking</i>	14
3.1 Flowchart tahapan penelitian.....	23
3.2 Gambar fundus pada <i>dataset drive</i>	25
3.3 Alur segmentasi fundus.....	26
3.4 <i>Flowchart</i> IUWT	27
3.5 Dekomposisi wavelet.....	27
3.7 Residu+IUWT.....	27
3.8 Flowchart FRG.....	29
3.9 Hasil FRG.....	29
3.10 Gambar <i>Gray level</i>	27
3.11 Gambar perhitungan <i>direction 1</i>	30
3.12 Gambar perhitungan <i>direction 2</i>	30
3.13 Gambar perhitungan <i>direction 3</i>	30
3.14 Gambar perhitungan <i>direction 4</i>	30
3.15 Hasil Rule 2.....	33
3.16 Rumus Peforma.....	36
4.1 Hasil <i>masking</i> dan <i>Green channel</i>	36
4.2 IUWT.....	39
4.3 Hasil Residu.....	39
4.4 Residu+IUWT.....	40
4.5 Hasil NCE.....	40
4.6 Hasil SIJ.....	40

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

4.1 Contoh dataset fundus.....	37
4.2 IUWT dan FRG dengan parameter.....	43
4.3 IUWT dan FRG.....	46
4.4 IUWT dan threshold.....	47
4.5 Visualisasi perbandingan.....	49

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasien dengan diabetes dikelompokkan menjadi tiga kelompok antara lain: pasien tanpa *retinopati diabetic*, pasien dengan *non proliferasi retinopati*, dan pasien dengan *retinopati diabetic proliferative*. Pasien dengan *retinopati diabetic* memiliki ciri yaitu adanya kerusakan pada pembuluh darah pada retina (Bitirgen, Ozkagnici, Malik, & Kerimoglu, 2014).

Gejala *retinopati diabetik* ditandai dengan kerusakan dan sumbatan pembuluh darah (Lubis, 2008). Berdasarkan pengobatannya diabetik retinopati dibagi menjadi dua antara lain: Retinopati diabetik *non proliferative* dan *retinopati diabetik proliferative* (Lubis, 2008).

Proses diagnosis penyakit retinopati diabetik sangat penting untuk mengetahui tingkat keparahan atau adanya ciri-ciri yang mengidentifikasi kalau terdapat kelainan retina sejak dini, agar bisa mencegah keparahan penyakit retinopati. Proses diagnosis secara manual akan sangat sulit karena dibutuhkan ketelitian dan keahlian, oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang secara otomatis dapat mendeteksi citra mata termasuk kedalam ciri-ciri penyakit retinopati diabetik atau tidak.

Dalam beberapa tahun terakhir, identifikasi kelainan mata terhadap citra digital retina dengan bantuan komputer menjadi hal yang sangat populer. Terdapat beberapa penelitian tentang segmentasi pembuluh darah tebal dan tipis pada pembuluh darah fundus.

Metode segmentasi dengan *thresholding* seperti penelitian yang dilakukan oleh (BahadarKhan, Khaliq, & Shahid, 2016), (Tagore, Kande, Rao, & Rao, 2013), (Mapayi, Viriri, & Tapamo, 2015), (Nazari & Pourghassem, 2013), (Roychowdhury, Koozekanani, & Parhi, 2015). Dari beberapa penelitian dengan menggunakan metode *thresholding* dapat dilihat bahwa yang membedakan hasil segmentasi dipengaruhi oleh proses *preprocessing* sebelum proses *thresholding* seperti penelitian (Tagore et

al., 2013) dengan menggabungkan *red* dan *green channel* untuk memodifikasi pencayahaan yang non seragam pada citra fundus dan proses selanjutnya yaitu menggunakan *phase congruency* untuk meningkatkan kontras *foreground* dan *background*. (Roychowdhury et al., 2015) dengan pemilihan *green channel negative* untuk meningkatkan kekontrasan sebelum proses *thresholding*.

Metode segmentasi dengan pendekatan klasifikasi seperti penelitian (Oliveira, Teixeira, Ren, Cavalcanti, & Sijbers, 2016), (Marín, Aquino, Gegúndez-arias, & Bravo, 2011), (Akhavan & Faez, 2014), (Gong, Li, Liu, Wu, & Chen, 2015). Pendekatan dengan klasifikasi pada proses segmentasi digunakan untuk menentukan tepi pada pembuluh darah (Akhavan & Faez, 2014). (Oliveira et al., 2016) digunakan untuk proses segmentasi yang dikombinasikan dengan *filtering* yaitu *match filter*. Peneliti (Fan et al., 2016) pendekatan klasifikasi digunakan untuk mendeteksi sejumlah fitur yang diambil pada segmentasi pada fundus.

Metode segmentasi pada fundus dengan pendekatan *transformasi wavelet* dan *transformasi fourier* yaitu seperti penelitian (Jiang, Zhou, Geng, Zhang, & Tang, 2016) dengan menggabungkan metode *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dengan *fuzzy clustering*, pada penelitian ini IUWT digunakan untuk proses *denoising*. (Lasso, Morales, & Torres, 2015) menggabungkan *fourier transform two dimensional* dengan *konvensional filter* untuk proses *filtering* sebelum dilakukan proses segmentasi. Peneliti (Sabilla, Soelaiman, & Fatichah, 2015) menggunakan pendekatan *transformasi wavelet* dan *transformasi fourier* untuk mengekstrak pembuluh darah pada ruang *multiscala* dengan metode *isotropic undecimated wavelet transform*.

Metode segmentasi berbasis *region* seperti penelitian yang dilakukan oleh (Gong et al., 2015), (Zhang, Tang, Gui, & Liu, 2016), dan (Sutaji, Fatichah, & Navastara, 2016). Pada penelitian yang dilakukan (Sutaji et al., 2016) segmentasi berbasis *region* yang dipakai yaitu metode *region growing*. Pada metode *region growing* digunakan untuk segmentasi pembuluh darah tipis.

Dari beberapa metode yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada proses segmentasi pada fundus untuk memperbaiki hasil segmentasi harus dilakukan

praproses yang sesuai dan perbaikan pada citra supaya hasil segmentasi bagus, selain itu juga dibutuhkan metode segmentasi yang sesuai agar pembuluh darah pada fundus baik tebal dan tipis dapat tersegmentasi dengan baik.

Dari beberapa penelitian secara visualisasi sudah dapat mensegmentasi pembuluh darah tebal dan tipis, namun ada pembuluh darah tipis yang belum tersegmentasi dengan baik, padahal pembuluh darah tipis sangat berguna untuk deteksi *diabetic retinopati*. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk dapat mensegmentasi pembuluh darah tebal dan tipis dengan baik dengan menggabungkan metode *isotropic undecimated wavelet transform (IUWT)* dan *fuzzy-region growing (FRG)*. Penggunaan metode *isotropic undecimated wavelet transform* dikarenakan pada penelitian sebelumnya area pembuluh darah tebal dan tipis dapat terdeteksi dengan baik, sedangkan penggunaan *fuzzy-region growing (FRG)* sudah terbukti dapat mensegmentasi tepi yang tipis. Kombinasi antara kedua metode diharapkan dapat meningkatkan nilai akurasi pada segmentasi pembuluh darah fundus.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara praproses citra retina yang akan digunakan untuk proses segmentasi pembuluh darah ?
2. Bagaimana cara mendapatkan area pembuluh darah dengan metode *isotropic undecimated wavelet transform (IUWT)*.
3. Bagaimana cara segmentasi pembuluh darah tebal dan tipis dengan menggunakan *fuzzy-region growing (FRG)*.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian ini yaitu untuk segmentasi pembuluh darah baik tebal dan tipis pada citra fundus menggunakan metode *isotropic undecimated wavelet transform (IUWT)* dan *fuzzy-region growing (FRG)*. Manfaat dari hasil segmentasi pembuluh darah fundus agar dapat mendeteksi penyakit *diabetic retinopati* sejak awal dengan hasil segmentasi pembuluh darah tebal dan tipis pada fundus.

1.4 Kontribusi Penelitian

Penggabungan metode *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy-region growing* (FRG) untuk mensegmentasi pembuluh darah tebal dan tipis, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit *diabetik retinopati*.

1.5 Batasan Masalah

1. *Dataset* yang digunakan adalah *dataset drive*
2. Segmentasi dilakukan pada pembuluh darah tebal dan tipis
3. *Software* yang digunakan menggunakan *matlab*

BAB II

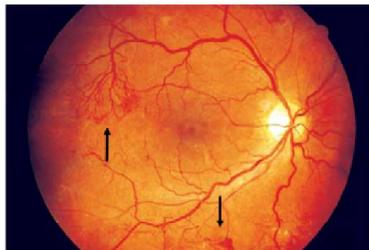
KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas dasar teori yang menjadi acuan penelitian. Tinjauan pustaka yang dijelaskan meliputi retina, dan foto fundus digital yang menjadi dasar ilmu dalam pengerjaan penelitian ini. Selain itu, juga dibahas metode-metode yang digunakan dalam setiap tahap segmentasi pembuluh darah retina pada foto fundus digital yaitu *Isotropic undecimate wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy-region growing* (FRG).

2.1 Retina

Retina adalah lapisan sel-sel syaraf yang berguna untuk mengubah cahaya yang masuk ke mata menjadi signal-signal penglihatan yang kemudian dikirim ke otak melalui syaraf penglihat. Ada beberapa penyakit yang ada pada retina salah satunya adalah *proliferasi diabetik* yaitu gangguan yang disebabkan komplikasi diabetes (Klinik mata Nusantara, 2008).

Proliferasi diabetik adalah tumbuhnya pembuluh darah baru dikarenakan retina memiliki kadar gula yang tinggi dan mengakibatkan retina rusak. Tumbuhnya pembuluh darah baru diakibatkan hormone VEGF (*Vascular Endothelial Cell Growth Factor*). Gambar pertumbuhan pembuluh darah baru dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gambar pembuluh darah tipis
(<https://www.google.co.id/search?q=gambar+pembuluh+darah+fundus>)

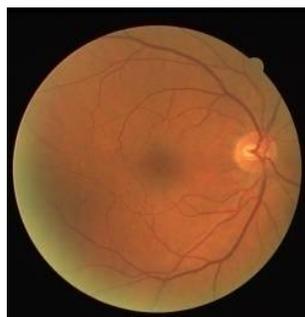
Akibat dari *diabetik proliferasi* yaitu akan menimbulkan kontraksi terus-menerus pada korpus vitreum, yang dapat mengakibatkan pembentukan pita-pita *fibrovaskular* rapat yang menarik retina dan menimbulkan kontraksi terus-menerus

pada korpus vitreum. Hal ini dapat mengakibatkan pelepasan retina, pelepasan retina dapat didahului atau ditutupi oleh pendarahan korpus vitreum. Apabila kontraksi korpus vitreum telah sempurna, maka *retinopati proliferative* cenderung masuk ke stadium *involusional* (Rodiah, 2007).

2.2 Praproses

Citra retina dapat memberikan informasi tentang struktur pembuluh darah retina mata. Dengan mengamati perubahan yang terjadi pada struktur pembuluh darah retina mata akan bisa digunakan untuk deteksi ketidak normalan pada retina sejak awal. Namun tidak semua citra retina dapat secara langsung diproses sehingga ditemukan ketidak normalan pada pembuluh darah. Beberapa citra memiliki kualitas yang rendah sehingga sulit untuk membedakan antara *foreground* dan *background* seperti Gambar 2.2.

Untuk menghasilkan kualitas gambar yang baik terlebih dahulu dilakukan proses perbaikan kualitas citra melalui proses *masking*, ada beberapa proses praproses salah satunya *masking* yang terdiri dari *thresholding* dan *shrinking* (Sabilla, Fatichah, & Soelaiman, 2014). Sebelum dilakukan proses *masking* dilakukan proses pengambilan *green channel* untuk meningkatkan kekontrasan pada citra.



Gambar2.2 Gambar fundus dari Drive (2007)
(<http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE>)

2.2.1 Thresholding

Thresholding dilakukan dengan menentukan nilai batas yang berbeda untuk setiap citra tergantung pada kondisi kecerahan dan kontras citra. Citra retina dirubah dari ruang warna RGB ke ruang warna keabuan. Metode *thresholding* kemudian akan mengubah citra yang skala keabuannya kurang dari *threshold* akan dianggap sebagai *background* yang berwarna hitam. Sedangkan piksel citra yang skala keabuannya lebih dari atau sama dengan *threshold* akan dianggap sebagai objek yang berwarna putih.

2.2.2 Shringking

Guna memperbaiki FOV (*field of view*) untuk proses selanjutnya dibutuhkan penyusutan citra biner hasil *masking* atau disebut dengan proses *shringking*. *Shringking* dilakukan dengan operasi morfologi erosi. Pada morfologi biner, citra dilihat sebagai himpunan dari ruang *Euclidean* E untuk setiap dimensi. Ide dasar dari morfologi biner adalah untuk memeriksa citra biner A yang berada pada ruang *Euclidean* E dengan bentuk lain yang telah didefinisikan B . Persamaan untuk erosi dari citra biner A dengan elemen struktur B terdapat pada persamaan 2.1.

$$A \ominus B = \{z \in E \mid B_z \subseteq A\} \quad (2.1)$$

Dimana B_z adalah translasi B dengan vector z seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.2

$$B_z = \{b + z \mid b \in B\}, \forall z \in E \quad (2.2)$$

Ketika elemen struktur B memiliki pusat, dan pusat tersebut ditempatkan pada asal dari E , maka erosi A dan B merupakan kedudukan dari titik-titik yang dicapai oleh pusat B ketika bergerak dalam A . Pada Gambar 2.3 menunjukkan citra hasil dari

proses *masking* disebelah kiri adalah hasil dari *masking* sedangkan disebelah kanan adalah hasil *shrinking*.



Gambar2. 3 Citra masking dan hasil shrinking

2.3 Segmentasi Pembuluh Darah dengan analisis Ruang Skala

Citra retina diproses terlebih dahulu melalui segmentasi agar ciri atau karakteristik dapat diperoleh. Segmentasi pembuluh darah dapat dilakukan pada ruang *multiskala* dengan mengaplikasikan *transformasi wavelet*. *Transformasi wavelet* yang digunakan yaitu *Isotropic Undecimated Wavelet Transform* (IUWT) dan dilanjutkan dengan *Fuzzy-Region Growing*.

2.3.1 Isotropic Undecimated Wavelet Transform

Transformasi wavelet yang paling luas menggunakan *decimated biorthogonal wavelet transform* (DWT). DWT telah berhasil diimplementasikan untuk tujuan kompresi, namun DWT menunjukkan hasil yang kurang optimal untuk aplikasi *filtering*, *dekonvolusi*, deteksi, maupun analisis data. Oleh karena itu, banyak peneliti yang menggunakan *transformasi wavelet* kontinyu meskipun terjadi banyak redundansi pada transformasi dan tidak mungkin dilakukan rekonstruksi secara sempurna.

Isotropic undecimated wavelet transform (IUWT) adalah metode segmentasi menggunakan analisis ruang skala. Algoritma *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) sangat baik digunakan pada domain *astronomical* dikarenakan pada IUWT digunakan pada data *astronomical* data yang memiliki sifat *isotropic* yang sedikit pada setiap *case*.

Syarat yang harus dipenuhi dalam metode ini yaitu dalam dua dimensi atau lebih dimensi, filter, fungsi *scaling* dan fungsi *wavelet* harus mendekati *isotropic*

(Sabilla et al., 2015). Untuk lebih jelasnya syarat yang harus dipenuhi pada metode ini dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

1. Filter yang digunakan harus simetrik ($\overline{h[k]}=h[k]$) dan $\overline{g[k]}=g[k]$.
2. Pada dua dimensi ataupun dimensi yang lebih tinggi h, g, ψ, ϕ harus mendekati isotropik. $h[k,l] = h[k]h[l]$ digunakan untuk mempercepat perhitungan.

Langkah-langkah *Isotropic Undecimated Wavelet Transform* (IUWT):

1. Setiap perulangan ke j menghitung koefisien C_j yaitu digunakan untuk menghitung *lowpass filtering*.
2. *Scaling* koefisien (C_j) dengan menghitung rata-rata sinyal original dari gambar, sehingga informasi diterjemahkan di dua domain antara lain: domain spasial dan domain frekuensi. Proses *scaling* dapat dilihat pada persamaan (2.3).

$$c_{j+1} = c_j * h^{\uparrow j} \quad (2.3)$$

$h^{\uparrow j}$ = Filter yang digunakan untuk menghitung konfulasi *scaling* dengan nilai koefisien $\frac{[1,4,6,4,1]}{16}$ dari algoritma *cubic B-spline*.

3. Menghitung koefisien *wavelet* dari selisih antara *scaling* koefisien atau selisih antara 2 set *scaling* yang berbeda. Persamaan koefisien wavelet dapat dilihat pada persamaan (2.4).

$$w_{j+1} = c_j - c_{j+1} \quad (2.4)$$

4. Rekonstruksi menjadi satu dengan persamaan (2.5)

$$f = c_n + \sum_{j=1}^n w_j \quad (2.5)$$

Untuk analisis skala pada fungsi wavelet dapat dilihat pada persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8).

$$\phi_1(x) = \frac{1}{12} (|x-2|^3 - 4|x-2|^2 + 6|x-1|^3 - 4|x+1|^2 + |x+2|^3) \quad (2.6)$$

$$\phi(x, y) = \phi_1(x)\phi_2(y) \tag{2.7}$$

$$\frac{1}{4}\psi\left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right) = \phi(x, y) - \frac{1}{4}\phi\left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right), \tag{2.8}$$

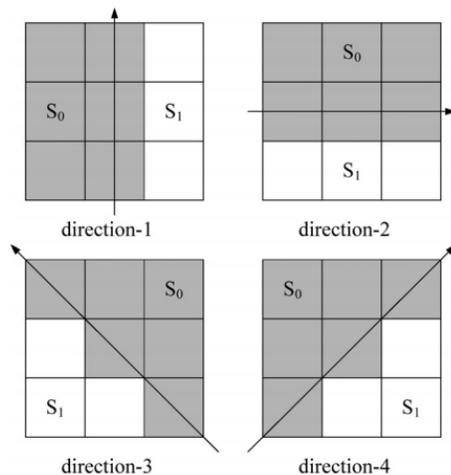
2.4 Fuzzy-Region Growing

Fuzzy-region growing digunakan untuk menentukan *seed* secara otomatis sesuai dengan kesamaan piksel, jarak *fuzzy* digunakan untuk menentukan perbedaan antara piksel yang memiliki perbedaan daerah yang besar, perbedaan jarak antara *region* yang kecil kemudian di *margin* yang berguna untuk menggabungkan dua daerah atau lebih yang memiliki jarak antara piksel yang kecil.

Langkah –langkah untuk menentukan *seed* pada *region growing*

1) Mendeteksi tepi yang terkoneksi

Pendeteksian tepi yang terkoneksi menggunakan 4 *direction*, yang tiap *direction* dibagi menjadi dua set yaitu S_0 dan S_1 . Pada *direction 1* nilai S_0 $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_8\}$ dan $S_1 \{x_3, x_6, x_9\}$, *direction 2* nilai $S_0 \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ dan $S_1 \{x_7, x_8, x_9\}$, *direction 3* nilai $S_0 \{x_1, x_2, x_3, x_5, x_6, x_9\}$ dan $S_1 \{x_4, x_7, x_8\}$, *direction 4* nilai $S_0 \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7\}$ dan $S_1 \{x_6, x_8, x_9\}$. Untuk lebih jelasnya pembagian pada masing-masing *direction* dapat dilihat pada Gambar 2.4.4.



Gambar 2.4 4 *direction* untuk mendeteksi tepi yang terkoneksi

Empat *direction* yang akan digunakan untuk deteksi tepi terlebih dahulu dihitung nilai rata-rata tiap *direction* kemudian dibagi dengan 0.4 sesuai dengan persamaan 2.9.

$$d_s^{(k)} = \min\left(\frac{\|m_0 - m_1\|}{w_d}, 1\right), k=1,2,3,4 \quad (2.9)$$

Dimana m_0 dan m_1 adalah rata-rata dari S_0 dan S_1 pada masing masing *direction*, dengan nilai w_d adalah parameter yang sudah ditetapkan dari *fuzzy distance* yang mempengaruhi kemiringan pada fungsi keanggotaan *fuzzy* yaitu sebesar 0.4, setelah itu setiap rata rata dicari nilai *maximal* dan *indeks* dari semua piksel sesuai dengan persamaan 2.10.

$$E_{i,j} = \max_{k \in [1,2,3,4]} \left(d_s^{(k)} \right), \quad (2.10)$$

$$D_{i,j} = \text{Arg}(\max_{k \in [1,2,3,4]} d_s^{(k)})$$

Keterangan:

$E_{i,j}$ = nilai piksel maksimal dari gambar dengan windows 3x3 setelah dilakukan proses perhitungan nilai rata-rata pada setiap *direction*.

$D_{i,j}$ = nilai indeks *direction* dari $E_{i,j}$.

Setelah semua piksel dalam gambar diproses oleh persamaan diatas, selanjutnya menentukan derajat keanggotaan $CE_{i,j}$ yaitu saat piksel terhubung dengan tepi. Derajat keanggotaan dapat dilihat pada persamaan 2.11.

$$\text{if } D_{ij} = 1, \text{ then } CE_{ij} = \frac{1}{3} (E_{i-1j} + E_{ij} + E_{i+1j})$$

$$\text{if } D_{ij} = 2, \text{ then } CE_{ij} = \frac{1}{3}(E_{i-1j} + E_{ij} + E_{ij+1}) \quad (2.11)$$

$$\text{if } D_{ij} = 3, \text{ then } CE_{ij} = \frac{1}{3}(E_{i-1j-1} + E_{ij} + E_{i+1j+1})$$

$$\text{if } D_{ij} = 4, \text{ then } CE_{ij} = \frac{1}{3}(E_{i+1j-1} + E_{ij} + E_{i-1j+1})$$

Keterangan:

$CE_{i,j}$ = adalah fungsi keanggotaan nilai piksel yang memiliki nilai yang besar dengan *indeks* dari 4 *direction*.

Pada akhir pemrosesan derajat keanggotaan dihitung piksel yang tidak terkoneksi dengan tepi sesuai dengan persamaan 2.12.

$$NCE_{i,j} = 1 - CE_{i,j} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$NCE_{i,j}$ = Nilai piksel yang tidak terkoneksi dengan tepi.

2) *Seed Region Growing* yang digunakan untuk segmentasi

Seed region growing secara konvensional terdiri dari tiga langkah utama yaitu pilihan *seed*, *region growing*, dan *region merging*. Untuk memilih *seed* yang tepat maka pada metode yang diusulkan memiliki satu langkah awal untuk menentukan *seed* yaitu *pre-processing seed region growing*.

2.1 *Pre-processing seed region growing*

Pertama-tama menggunakan nilai $CE_{i,j}$ dan $NCE_{i,j}$ pada setiap piksel $X_{i,j}$ dan tetangga piksel. Selanjutnya mendeteksi *fuzzy similarity* dengan menggunakan persamaan $S_{i,j}$ yang terdapat pada persamaan 2.13.

$$S_{i,j} = 1 - 1/9 \sum_{n=1}^9 \min \left(\frac{\|x_n - x_{mean}\|}{w_s}, 1 \right) \quad (2.13)$$

Dimana pada X_n , n bernilai $=1,2,\dots,9$, dan X_{mean} adalah sembilan piksel yang ada pada *sliding window* dan rata-rata *vector*, sedangkan w_s adalah parameter yang mempengaruhi nilai dari $S_{i,j}$.

3) Seed Selection

Pemilihan *seed* awal harus memiliki kesamaan yang tinggi dengan tetangganya pada tepi maupun wilayah. Oleh karena itu pemilihan *seed* awal sesuai dengan persamaan 2.14. Sebelum melakukan pemilihan *seed* dilakukan proses *determining the threshold*.

$$\text{If } \min (NCE_{i,j}, S_{i,j}) \geq T_{i,j}, \text{ Then } X_{i,j} \text{ dijadikan } \textit{seed} \quad (2.14)$$

Nilai $T_{i,j}$ adalah *threshold* dari *fuzzy rule* yang akan dijelaskan pada *section 4*.

4) Determining the threshold

Untuk menentukan nilai *threshold* $T_{i,j}$ yang memiliki dua input yaitu $\overline{S_{i,j}}$ dan $\overline{NCE_{i,j}}$ adalah rata-rata *fuzzy similarity* dan rata-rata derajat keanggotaan dari *fuzzy*. Piksel yang bukan tepi yang terhubung diproses menggunakan 5×5 *sliding windows* yang pusatnya berada posisi (i, j) . Nilai rata-rata $\overline{S_{i,j}}$ dan $\overline{NCE_{i,j}}$ besar, maka piksel dan *sliding window* berada pada *smooth region*, sebaliknya jika nilai $\overline{S_{i,j}}$ dan $\overline{NCE_{i,j}}$ kecil berarti piksel dan *sliding window* berada pada *complicated region*. Untuk menentukan *threshold* daerah *region* maka menggunakan *fuzzy-rule* sesuai dengan persamaan dibawah ini:

Rule – 1: *if* $\overline{S_{i,j}}$ is BIG and $\overline{NCE_{i,j}}$ is BIG, then $T_{i,j}$ is SMALL

Rule – 2: *if* $\overline{S_{i,j}}$ is BIG and $\overline{NCE_{i,j}}$ is SMALL, then $T_{i,j}$ is BIG

Rule – 3: *if* $\overline{S_{i,j}}$ is SMALL and $\overline{NCE_{i,j}}$ is BIG, then $T_{i,j}$ is BIG

Rule – 4: *if* $\overline{S_{i,j}}$ is SMALL and $\overline{NCE_{i,j}}$ is SMALL, then $T_{i,j}$ is BIG

Dimana *BIG* dan *SMALL* adalah tergantung masing-masing. Pada setiap rule memiliki nilai bobot yang berbeda $w_1 = \overline{S_{i,j}} \cdot \overline{NCE_{i,j}}$, $w_2 = \overline{S_{i,j}} \cdot (1 - \overline{NCE_{i,j}})$, $w_3 = (1 - \overline{S_{i,j}}) \cdot \overline{NCE_{i,j}}$ dan $w_4 = (1 - \overline{S_{i,j}}) \cdot (1 - \overline{NCE_{i,j}})$. Untuk menentukan nilai *threshold* dari masing- masing daerah menggunakan persamaan 2.15.

$$T_{i,j} = \frac{\sum_{r=1}^4 w_r \cdot t_r}{\sum_{r=1}^4 w_r} \quad (2.15)$$

w_r = Bobot pada tiap-tiap *fuzzy rule*.

t_r = *Threshold set*, $r=1,2,3,4$ [$T_{small}, T_{big}, T_{big}, T_{big}$] dengan nilai $T_{big} = 0.95$

dan $T_{small} = 0.75$.

5) *Post processing* dari *seed* seleksi

Pada masing-masing komponen yang terkoneksi memiliki satu *seed* atau beberapa *seed* yang membentuk suatu *region*, selanjutnya menghitung rata-rata *seed region* atau *seed* saja kemudian disimpan pada variabel $R_m = 1,2,\dots,M$ dimana M adalah nomer dari rata-rata *seed*. Kemudian nilai piksel yang tidak dijadikan *seed* atau nilai piksel dari *seed* tetangga di *list* secara *sorting* dan dimasukkan ke variabel H . Menghitung nilai d digunakan untuk *fuzzy distance* yaitu untuk menghitung perbedaan antara beberapa *region* sesuai dengan jarak *fuzzy similarity* yang dapat dihitung dengan persamaan nomer 2.16.

$$d = \min_{m=1,2,\dots,M} \left(\frac{\|x_{i,j}^H - R_m\|}{w_d}, 1 \right) \quad (2.16)$$

Keterangan:

d = jarak *fuzzy similarity*

$x_{i,j}^H$ = nilai piksel yang ada pada variabel H .

R_m = Nilai piksel yang dijadikan *seed*.

w_d = parameter yang sudah ditetapkan dari *fuzzy distance* yang mempengaruhi kemiringan pada fungsi keanggotaan *fuzzy*

Yang digunakan *seed* untuk *region growing* adalah yang memiliki nilai d terkecil.

6) *Region Growing*

Sebelum proses *region growing* dilakukan proses *cleaning* dikarenakan pada hasil *seed* terdapat *noise* sehingga akan berpengaruh terhadap proses *region growing*. Pada proses *region growing* yang dibutuhkan adalah nilai d nya, terdapat tiga syarat antara lain: pertama: jika terdapat hanya satu tetangga yang dilabeli, maka piksel label pada *region* yang sama, jika lebih dari satu tetangga yang dilabeli dan label sama maka tetangga tersebut pada *region* yang sama, ketiga jika lebih dari satu tetangga memiliki label yang berbeda, maka harus dilihat nilai d . proses tersebut terus dilakukan secara *iterative* sampai nilai H kosong.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

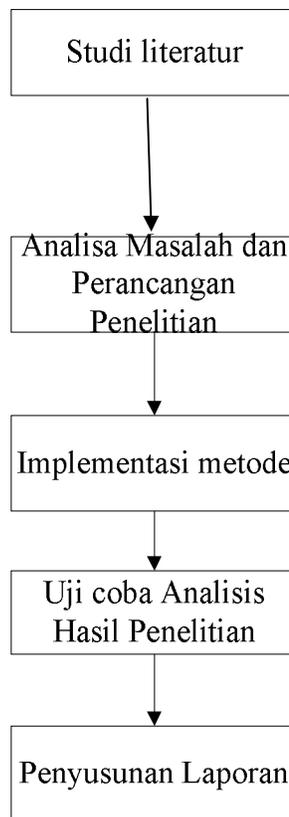
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan tahapan penelitian, data input, rancangan metode, skenario uji coba, evaluasi hasil segmentasi, dan jadwal penelitian yang akan digunakan.

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang terdiri dari: (1) Studi *literature*, (2) analisis masalah dan rancangan penelitian yang diusulkan, (3) implementasi metode yang diusulkan, (4) uji coba dan analisis hasil penelitian yang diusulkan, serta (5) penyusunan laporan. Alur tahapan penelitian tersebut ditunjukkan oleh Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Dalam tahap studi *literature*, dikaji beberapa referensi yang berkaitan dengan citra fundus retina. Selain itu, dikaji pula metode yang akan digunakan yaitu *fuzzy-region growing* (FRG).

Penelitian ini mengumpulkan teori dan perkembangan proses segmentasi pada fundus dari publikasi jurnal dan buku teks. Kemudian dari referensi itu dikembangkan metode baru yaitu penggabungan *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy-region growing* (FRG). Selain itu tujuan studi *literature* ini untuk meningkat akurasi pada segmentasi pembuluh darah tebal dan tipis.

3.1.2 Analisis Masalah dan Perancangan Penelitian

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini yaitu segmentasi pada pembuluh darah fundus dengan menggunakan metode IUWT dan *fuzzy-region growing*. Rancangan metode yang akan dibangun meliputi *dataset* citra yang digunakan pada penelitian, proses praproses dan segmentasi. Pada proses segmentasi menggunakan *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy-region growing* (FRG), metode IUWT untuk proses segmentasi awal sedangkan *fuzzy-region growing* digunakan untuk segmentasi akhir pada pembuluh darah tebal dan tipis pada fundus. Uji coba sistem dan evaluasi akurasi yaitu hasil segmentasi dari pembuluh darah pada fundus.

3.1.3 Implementasi metode

Tahapan ini bertujuan mengimplementasikan rancangan metode. Rancangan metode akan diimplementasikan menggunakan aplikasi *Matlab versi 2013a*.

3.1.4 Uji coba dan Analisis Hasil Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Pengujian dilakukan sesuai dengan skenario yang telah dirancang. Analisis hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui performa dari metode yang diusulkan.

3.1.5 Dokumentasi

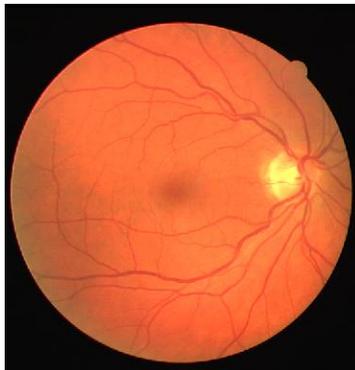
Pada tahap ini pendokumentasian tahapan metode yang diusulkan beserta hasil implementasi dan uji coba. Dokumentasi berupa laporan penelitian.

3.2 Rancangan Penelitian

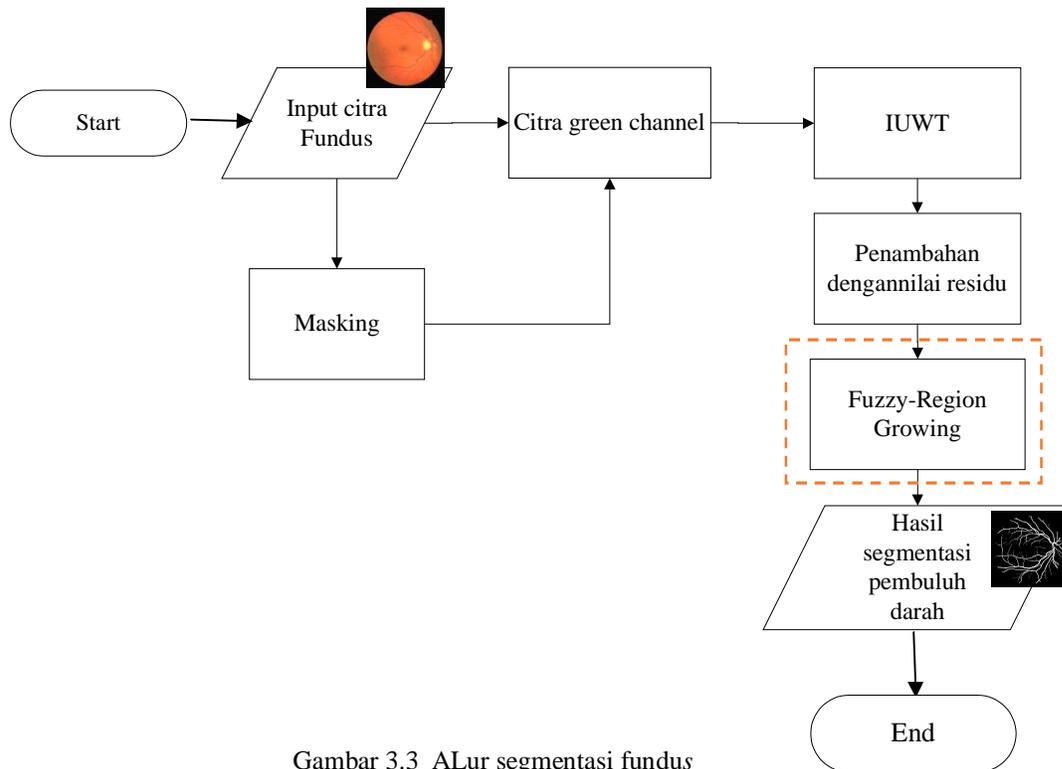
Tujuan penelitian ini adalah merancang metode untuk segmentasi pada pembuluh darah pada fundus sehingga hasil akurasi menjadi lebih baik dari sebelumnya. Proses segmentasi diawali dengan proses praproses yaitu *masking* yang terdiri dari *thresholding* dan *shinking*, dilanjutkan proses segmentasi yaitu penggabungan metode IUWT dan *fuzzy-region growing* (FRG). Sebelum proses segmentasi citra fundus diubah ke *green channel* agar kekontrasan antara *background* dan pembuluh darah lebih terlihat. Untuk lebih jelasnya terdapat pada Gambar 3.3

3.2.1 Data input

Data input atau *dataset* tahapan ini berupa citra fundus yang digunakan adalah *dataset Drive* sebanyak 40 citra yang tersedia di internet. Pada penelitian *dataset* yang dipakai adalah gambar yang tidak ada area patologi. Contoh gambar fundus dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Fundus pada dataset drive
(<http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE>)



Gambar 3.3 ALur segmentasi fundus

3.2.2 Praproses

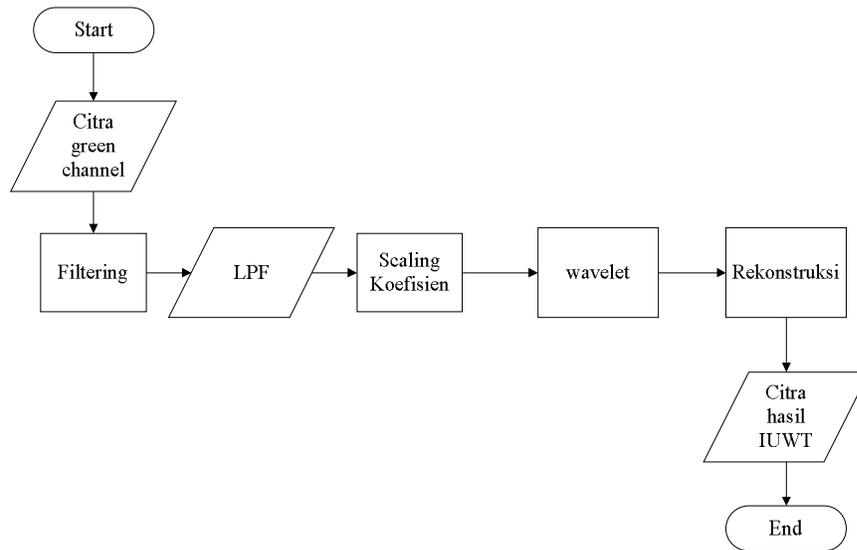
Praproses pada penelitian ini digunakan untuk membedakan antara *foreground* dan *background* untuk menghasilkan kualitas gambar yang baik dengan menggunakan proses *masking* (Sabilla, Faticah, & Soelaiman, 2014). Pada proses *masking* terdiri dari *thresholding* dan *shrinking*. Proses *thresholding* digunakan untuk proses binerisasi, sedangkan proses *shrinking* dilakukan untuk penyusutan gambar biner untuk menghilangkan bagian yang tidak diharapkan.

3.2.3 Isotropic Undecimated Wavelet Transform (IUWT)

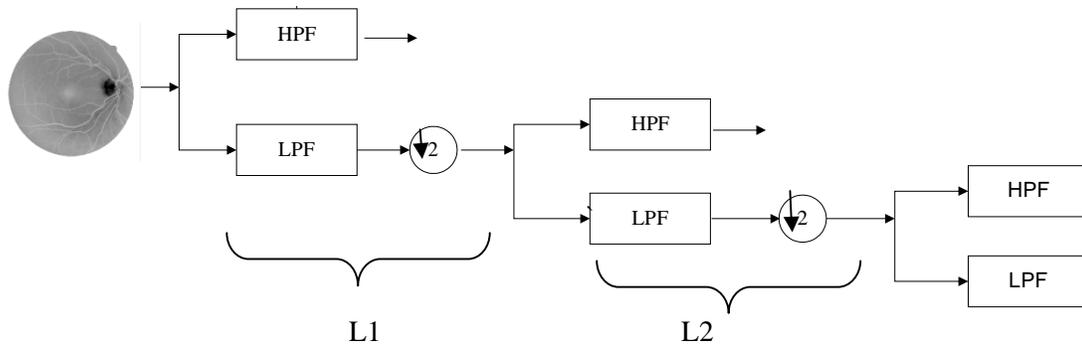
Proses IUWT digunakan untuk mengetahui area pada pembuluh darah pada fundus yang akan disegmentasi dengan *fuzzy- region growing*. *Flowchart* dari IUWT dapat dilihat pada Gambar 3.4. dan dekomposisi wavelet dapat dilihat pada Gambar 3.5. Hasil dari IUWT dapat dilihat pada Gambar 3.6.

3.2.3 Penambahan dengan nilai residu

Memperbaiki hasil IUWT dengan menambahkan hasil IUWT dengan hasil pengurangan dari citra *green channel* dan hasil IUWT.



Gambar 3.4 *Flowchart* IUWT

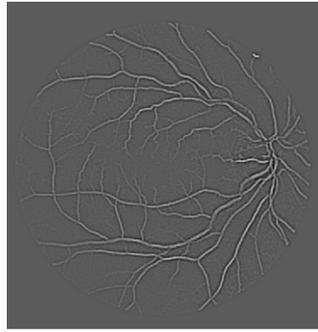


Gambar 3.5 Dekomposisi *wavelet* Diskrit

Keterangan:

LPF=Untuk *lowpass filtering*

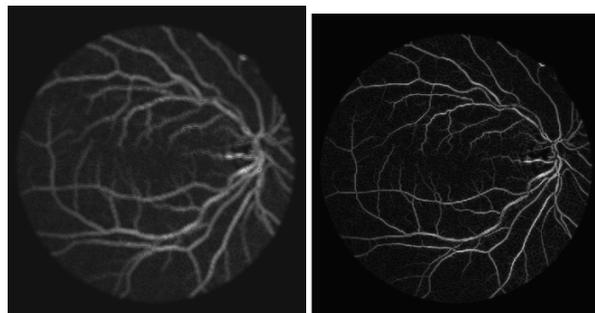
HPF=Untuk *high pass filtering*



Gambar 3.6 Hasil IUWT

Setelah proses praproses dilanjutkan proses segmentasi awal dengan IUWT dengan beberapa langkah antara lain dilakukan proses *high pass filtering* (HPF) dan *low pass filtering* (LPF). Pada proses *wavelet* dan penskalaan sinyal menggunakan LPF sedangkan HPF tidak digunakan. Langkah-langkah IUWT dapat dilihat pada Bab 2 halaman 13 dan Proses dekomposisi wavelet dapat dilihat pada Gambar 3.5.

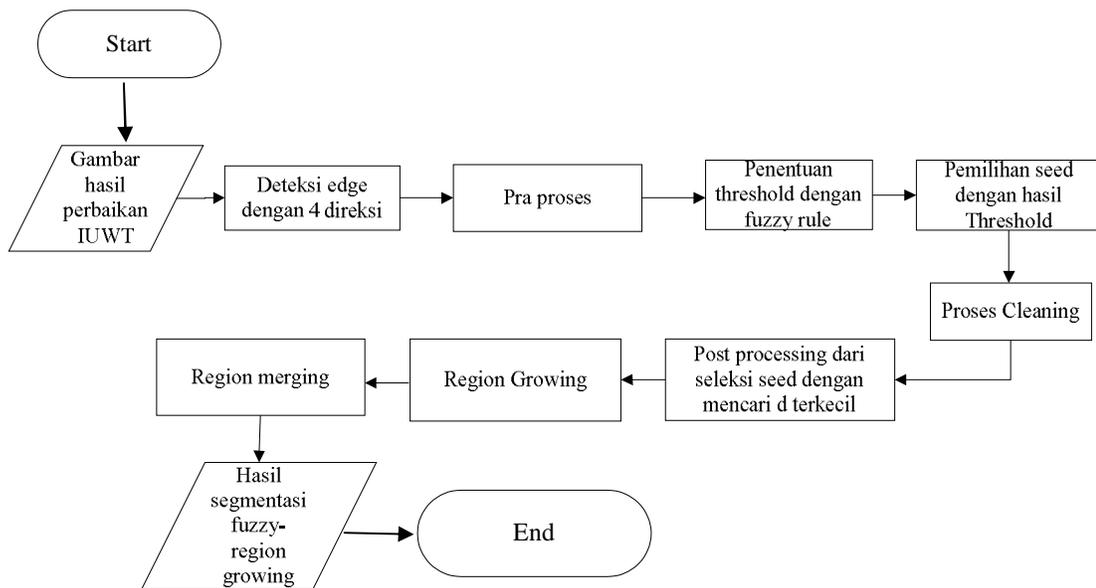
Untuk memperbaiki hasil gambar dari IUWT, pada penelitian ini menambahkan dengan nilai residu yaitu hasil pengurangan IUWT dan *green channel*. Hasil residu dan hasil gabungan residu+IUWT dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.



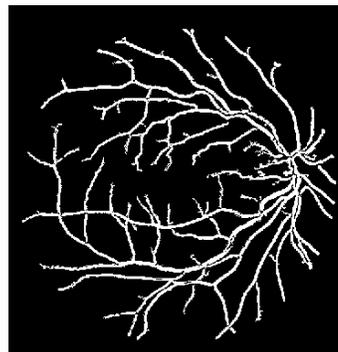
Gambar sebelah kanan Gambar 3.7 hasil residu dan Gambar sebelah kiri Gambar 3.8 hasil residu+IUWT

3.2.4 Fuzzy-Region Growing

Fuzzy region growing digunakan untuk menentukan inisialisasi *seed awal* yang akan digunakan untuk segmentasi pada pembuluh darah tebal dan tipis. *Flowchart fuzzy region growing* dapat dilihat pada Gambar 3.9. Dan hasil dari FRG dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Flowchart fuzzy-region growing



Gambar 3.10. Hasil FRG

Setiap proses pada Gambar 3.9 digunakan untuk menentukan inialisasi *seed* pada *region growing*. Untuk proses penentuan *seed* dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

Langkah pertama mendeteksi *edge* pada gambar menggunakan empat direksi dengan windows 3x3 pada Gambar 3.10:

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Gambar 3.10 Gambar *grey level* dengan windows 3x3

1	2	3
6	7	8
11	12	13

$$S_0 = [1, 2, 6, 7, 11, 12] \quad S_1 = [3, 8, 13]$$

Gambar 3.11 perhitungan pada *direction 1* dengan daerah vector yang berbeda

Keterangan : S_0 dan S_1 adalah nilai piksel pada *direction 1* dengan daerah yang berbeda tetapi memiliki arah *vector* yang sama.

1	2	3
6	7	8
11	12	13

$$S_0 = [1, 2, 3, 6, 7, 8] \quad S_1 = [11, 12, 13]$$

Gambar 3.12 perhitungan pada *direction 2* dengan daerah vector yang berbeda

Keterangan : S_0 dan S_1 adalah nilai piksel pada *direction 2* dengan daerah yang berbeda tetapi memiliki arah *vector* yang sama.

1	2	3
6	7	8
11	12	13

$$S_0 = [1, 2, 3, 7, 8, 13] \quad S_1 = [6, 11, 12]$$

Gambar 3.13 perhitungan pada *direction 3* dengan daerah vector yang berbeda

Keterangan : S_0 dan S_1 adalah nilai piksel pada *direction 3* dengan daerah yang berbeda tetapi memiliki arah *vector* yang sama.

1	2	3
6	7	8
11	12	13

$$S_0 = [1, 2, 3, 6, 7, 11] \quad S_1 = [8, 12, 13]$$

Gambar 3.14 perhitungan pada *direction 4* dengan daerah vector yang berbeda

Keterangan : S_0 dan S_1 adalah nilai piksel pada *direction 4* dengan daerah yang berbeda tetapi memiliki arah *vector* yang sama.

Menghitung m_0 dan m_1 , m_0 adalah nilai rata-rata dari S_0 sedangkan m_1 adalah nilai rata-rata dari S_1 . Setelah itu menghitung nilai setiap *direction* dengan persamaan 2.9. dihitung nilai minimal dari *direction* {1,2,3,4}. Selanjutnya menghitung nilai maksimal dari semua piksel dengan windows 3x3 beserta nilai indeksnya dengan persamaan 2.10.

Setelah setiap piksel diproses dengan proses diatas selanjutnya dilanjutkan dengan menentukan derajat keanggotaan *fuzzy* dengan cara melihat nilai $D_{i,j}$. Sesuai pada *Rule 1*.

Rule 1:

```

Read  $D_{i,j}$ ;  $CE_{i,j}$ 
if ( $D_{i,j}(\text{MAX})==1$ ) then
     $CE_{i,j} = (E_{i-1,j} + E_{i,j} + E_{i+1,j}) / 3$ 
Else
    if ( $D_{i,j}(\text{MAX})==2$ ) then
         $CE_{i,j} = (E_{i,j-1} + E_{i,j} + E_{i,j+1}) / 3$ 
    Else
        if ( $D_{i,j}(\text{MAX})==3$ ) then
             $CE_{i,j} = (E_{i-1,j-1} + E_{i,j} + E_{i+1,j+1}) / 3$ 
        Else
            if ( $D_{i,j}(\text{MAX})==4$ ) then
                 $CE_{i,j} = (E_{i+1,j-1} + E_{i,j} + E_{i-1,j+1}) / 3$ 
            End if
        End if
    End if
End if

```

Kemudian menghitung *fuzzy similarity* nilai $S_{i,j}$ antara piksel dan piksel tetangga sesuai persamaan 2.12. Nilai $S_{i,j}$ akan digunakan untuk menyeleksi *seed* karena untuk inisial *seed* harus menggunakan *similarity* yang tinggi pada setiap tetangga piksel. Untuk menghitung nilai SIJ dapat dilihat pada Gambar

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

1	2	3	$S_0 = [1,2,6,7,11,12]$	$mean=39/6=6.5$
6	7	8		
11	12	13		
			$S_1 = [3,8,13]$	$mean=24/3=8$

1	2	3	$S_0 = [1,2,3,6,7,8]$	$mean=27/6=4.5$
6	7	8		
11	12	13		
			$S_1 = [11,12,13]$	$mean=36/3=12$

1	2	3	$S_0 = [1,2,3,7,8,13]$	$mean=34/6=5.6$
6	7	8		
11	12	13		
			$S_1 = [6,11,12]$	$mean=29/3=9.6$

1	2	3	$S_0 = [1, 2, 3, 6, 7, 11]$	$mean=30/6=5$
6	7	8		
11	12	13		
			$S_1 = [8, 12, 13]$	$mean=33/3=11$

Gambar 3.15 Gambar perhitungan *direction*

Hasil perhitungan

$$\text{Mean } X_{\text{mean}} = (6.5 + 4.5 + 5.6 + 5 + 8 + 12 + 9.6 + 11) / 8 = 62.2 / 8 = 7.7 = 8$$

$$S_{i-1, j-1} = 1 - (1 - 8) / 9 = 1 - 0.8 = 0.2 \text{ (missal nilai minimal pada piksel } x_{i-1, j-1} \text{)}$$

Seed selection harus memiliki nilai *similarity* yang tinggi pada setiap tetangga dan tidak pada tepi *region* yang detail. Oleh karena itu pemilihan *seed* harus memiliki nilai $\min(NCE_{i,j}, S_{i,j})$ yang lebih dari sama dengan nilai *threshold* $T_{i,j}$. *Rule* $T_{i,j}$ dapat dilihat pada *Rule 2*

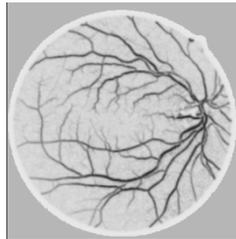
Rule 2:

```

Read  $\overline{S_{i,j}}$  ,  $\overline{NCE_{i,j}}$ 
If  $\overline{S_{i,j}}$  =BIG and  $\overline{NCE_{i,j}}$  =BIG Then
     $T_{i,j}$  =SMALL
Else
If  $\overline{S_{i,j}}$  =BIG and  $\overline{NCE_{i,j}}$  =SMALL Then
     $T_{i,j}$  =BIG
Else
If  $\overline{S_{i,j}}$  =SMALL and  $\overline{NCE_{i,j}}$  =BIG Then
     $T_{i,j}$  =BIG
Else
If  $\overline{S_{i,j}}$  =SMALL and  $\overline{NCE_{i,j}}$  =SMALL Then
     $T_{i,j}$  =BIG
END If
    END If
        END If
            END If

```

Dimana *BIG* dan *SMALL* adalah *linguistic variables*. Pada setiap *rule* memiliki nilai bobot yang berbeda $w_1 = \overline{S_{i,j}} \cdot \overline{NCE_{i,j}}$, $w_2 = \overline{S_{i,j}} \cdot (1 - \overline{NCE_{i,j}})$, $w_3 = (1 - \overline{S_{i,j}}) \cdot \overline{NCE_{i,j}}$ dan $w_4 = (1 - \overline{S_{i,j}}) \cdot (1 - \overline{NCE_{i,j}})$. Untuk menghitung nilai $T_{i,j}$ menggunakan persamaan 2.15. Hasil dari rule 2 pada Gambar 3.16



Gambar 3.15 Hasil dari rule 2

Selanjutnya proses *post processing seed selection* yaitu dengan menghitung nilai d seperti persamaan 2.16. tetapi sebelum menghitung d terlebih dahulu melabeli *seed* tunggal maupun *seed region*, kemudian menghitung rata-rata dari *seed* tunggal

maupun *seed region* yang disimpan pada variabel R_m . Selain melabeli *seed* yang akan digunakan pada proses *post processing* dilakukan pencatatan secara *list* daftar tetangga yang tidak terdaftar sebagai *seed* ke dalam variabel H . Selanjutnya dihitung nilai d sesuai persamaan yang ada pada Bab 2.

Langkah *region growing* dengan melihat piksel per piksel dengan melihat nilai piksel yang ada pada H sesuai dengan aturan yang telah dibuat yaitu: jika hanya satu tetangga yang terlabeli, maka piksel yang terlabeli memiliki *region* yang sama; jika lebih dari satu tetangga terlabeli dengan label yang sama, maka piksel tersebut pada *region* yang sama; jika lebih dari satu tetangga yang terlabeli dan setiap piksel memiliki label yang berbeda, piksel yang dilabeli menjadi satu *region* harus memiliki nilai d minimal. Setelah nilai piksel yang belum terlabeli bergabung dengan *region* yang memiliki nilai d minimal, maka nilai piksel tersebut di *remove* dari H . Selanjutnya menambahkan nilai piksel yang belum terlabeli ke dalam H dan *update* nilai R_m . *Rule region growing* dapat dilihat pada *Rule 4*.

Setelah dilakukan *region growing*, maka dilakukan *region mergin*. Fungsi dari *region mergin* adalah menggabungkan *region* yang memiliki *fuzzy distance* yang kecil. Jika ukuran dari sebuah *region* lebih kecil dari 1/100, maka *region* akan digabungkan dengan nilai yang hampir sama dengan *region* tersebut. *Rule region mergin* dapat dilihat pada *rule 3*.

Rule 3:

```

Read Read  $w, R_p, R_q, d_{p,q}$ 
Do
  If ( $R_p < d_{p,q}$ ) Then
    Region=(Regionp;Regionq)
  End if
WHILE( $R_p >= 0.01$  &&  $d_{p,q} <= 0.1$ )

```

Rule 4:

```
Read  xi,j FROM H; M=A,B,...,Z
  If xi,j = min (d) Then
    If xi,j == A Then
      RegionA = (Region xi,j;RegionA)
      Remove(Xi,j FROM H)
      UPDATE(Rm)
    Else
      If xi,j == A and xi-1,j == A Then
        Region = (Region xi,j;Regioni-1,j;RegionA)
        Remove(Xi,j;Xi-1,j FROM H)
        UPDATE(Rm)
      Else
        If xi,j == A and xi-1,j == B Then
          If xi,j < d (RegionA) Then
            Region = (Xi,j ;RegionA)
            Remove(Xi,j FROM H)
            UPDATE(Rm)
          Else
            IF xi,j < d (RegionB) Then
              Region = (Xi-1,j;RegionB)
              Remove(Xi-1,j FROM H)
              UPDATE(Rm)
            End if
          End if
        End if
      End if
    End if
  End if
```

3.3 Perancangan Uji Coba

Pada sub bab ini menjelaskan tentang pembagian scenario uji coba dan evaluasi performa pada segmentasi pembuluh darah pada fundus.

3.3.1 Skenario Uji Coba

Uji coba dilakukan untuk menganalisa performa dari sistem. Untuk mengetahui performa sistem, dilakukan uji coba dengan berbagai skenario sistem. Adapun beberapa skenario uji coba pada penelitian ini diantaranya:

1. Skenario pertama ujicoba perbandingan dengan citra *ground thruth*. Perbandingan dilakukan dengan citra *ground-thruth dataset drive* yang telah divalidasi oleh ahli. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar segmentasi pembuluh darah yang tersegmentasi dengan benar.

2. Skenario kedua perbandingan hasil segmentasi dengan penggabungan *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy region growing* (FRG) dengan metode sebelumnya yaitu menggunakan IUWT dan *thresholding* .

3.3.2 Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi metode yang diusulkan dalam melakukan segmentasi pembuluh darah tebal dan tipis dengan cara membandingkan citra hasil segmentasi dengan citra manual (*groundtruth*). Evaluasi dilakukan dengan empat cara, yaitu mencari nilai TPR(*True positive rate*), FPR(*False positive rate*),ACC(*accuracy*), PCC(Presisi). Rumus dari keempat rumus dapat dilihat pada Gambar 3.7.

		Actual Value (as confirmed by experiment)	
		positives	negatives
Predicted Value (predicted by the test)	positives	TP True Positive	FP False Positive
	negatives	FN False Negative	TN True Negative

Keterangan:

- TP adalah jumlah piksel yang diklasifikasikan sistem sebagai bagian pembuluh darah, dan juga diklasifikasikan sebagai pembuluh darah pada citra *groundtruth*.
- FP adalah jumlah piksel yang diklasifikasikan sistem sebagai pembuluh darah tapi dikategorikan bukan pembuluh darah pada citra *groundtruth*.
- FN adalah jumlah piksel yang diklasifikasikan bukan pembuluh darah, tapi diklasifikasikan sebagai pembuluh darah pada citra *groundtruth*.

Gambar 3.16 Rumus dari TPR,FPR,ACC,PCC.
<https://www.mathworks.com/matlabcentral>

Keterangan:

$$\text{True Positive Rate (TPR)} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{False Positive Rate (FPR)} = \frac{FP}{FP + TN}$$

$$\text{Accuracy (Acc)} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

$$\text{Presisi (P)} = \frac{TP}{TP + FP}$$

- TN adalah jumlah total piksel yang diklasifikasikan bukan pembuluh darah pada citra *groundtruth*.
- Pcc adalah untuk mengetahui oversegmentasi pada pembuluh darah.

BAB 4 UJI COBA DAN EVALUASI

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil uji coba dari penelitian yang telah dilakukan. Berdasarkan dari hasil uji coba maka akan dilakukan proses analisis untuk mengetahui beberapa hal yang akan menjadi kesimpulan dari penelitian ini.

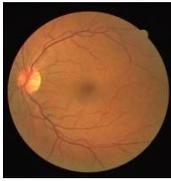
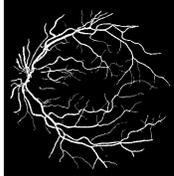
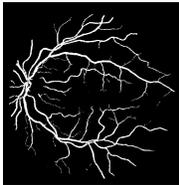
4.1 Lingkungan Uji Coba

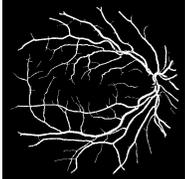
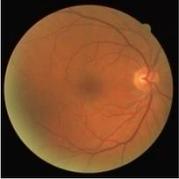
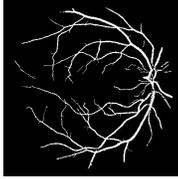
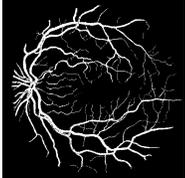
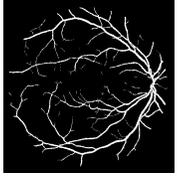
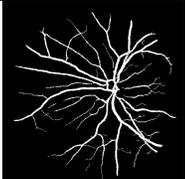
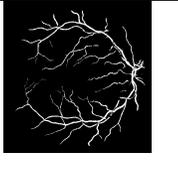
Untuk uji coba pada penelitian ini, spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan dalam implementasi dari prosesor berjenis Intel Core i3 2.20 GHz, memori RAM berkapasitas 6 GB dan kapasitas harddisk sebesar 500 GB, sedangkan untuk spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam implementasi perangkat lunak yakni Microsoft Word 2010, Microsoft Exel 2010, Micosoft visio 2007, matlab R2015A.

4.2 Data Uji Coba

Pada penelitian ini, data yang digunakan untuk uji coba keseluruhan sistem adalah 40 citra fundus *Drive*, yang diambil dari <http://www.isi.uu.nl/Research/Database/Drive> . Komposisi dalam *database* ini terdiri dari 33 citra retina sehat dan 7 citra yang tidak sehat. Masing-masing citra dilengkapi dengan *ground thruth* hasil gambar manual. Contoh *dataset* fundus dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Contoh dataset fundus pada drive

No	RGB	Ground Truth	No	RGB	Ground Truth
1			5		

No	RGB	Ground Truth	No	RGB	Ground Truth
2			6		
3			7		
4			8		

4.3 Hasil uji coba setiap tahapan

4.3.1 Tahapan Praproses

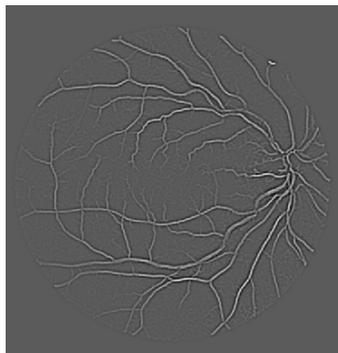
Praproses pada penelitian ini yaitu dengan melakukan proses *masking* dan pengambilan gambar *green channel* pada dataset fundus. Hasil dari penggabungan proses *masking* dan citra *green channel* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil *masking* dan *Green channel*

4.3.2 *Isotropic Undecimated Wavelet Transform*

Isotropic undecimated wavelet transform (IUWT) digunakan untuk mendapatkan area pada pembuluh darah pada citra fundus. Pada penelitian ini menggunakan level 1 pada IUWT dikarenakan menghasilkan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan level yang lain. Gambar *flowchart isotropic undecimated wavelet transform* dapat dilihat pada Gambar 3.4. Hasil dari *isotropic undecimated wavelet transform* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT)

4.3.3 Nilai Residu

Nilai residu dihasilkan dari nilai piksel pada *green channel* ditambahkan dengan nilai piksel hasil *isotropic undecimated wavelet transform*. Hasil dari Gambar residu dapat dilihat pada Gambar 4.3. Setelah itu dilanjutkan proses penambahan nilai residu dengan nilai hasil *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT). Hasil dari penambahan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Hasil residu

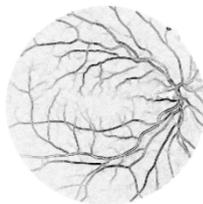


Gambar 4.4 Hasil residu + *Isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT)

4.3.4 Fuzzy region growing (FRG)

4.3.4.1 Mencari nilai NCE

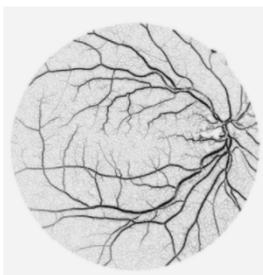
Nilai NCE adalah nilai derajat keanggotaan pada *fuzzy* yang tidak terkoneksi dengan *edge*. Hasil NCE akan digunakan pada proses selanjutnya yaitu proses SRG (*Seed region Growing*). Hasil NCE dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil NCE

4.3.4.2 Mencari nilai SIJ

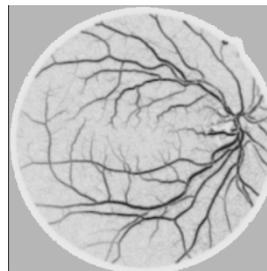
Nilai SIJ digunakan untuk mendeteksi fuzzy similarity diantara piksel saat ini ($X_{i,j}$) dengan piksel tetangga. Rumus dari SIJ dapat dilihat pada halaman 29 dan hasil SIJ dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil SIJ

4.3.4.3 Penentuan *threshold*

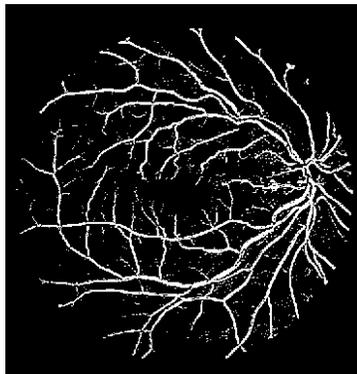
Penentuan *threshold* digunakan untuk pemilihan *seed* yang ada pada FRG. Parameter yang dibutuhkan pada langkah ini nilai rata-rata dari NCE dan nilai rata-rata dari SIJ. Pada penelitian ini menggunakan windows 5x5 dan untuk menentukan Big dan SMALL pada *rule* yang ada di *fuzzy* menggunakan inputan 0.9. Karena pada hasil uji coba menunjukkan nilai inputan 0.9 dapat mensegmentasi pembuluh darah tebal dan tipis. Hasil dari nilai *threshold* pada *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil parameter pada *fuzzy*

4.3.4.4 Inisialisasi *seed* awal

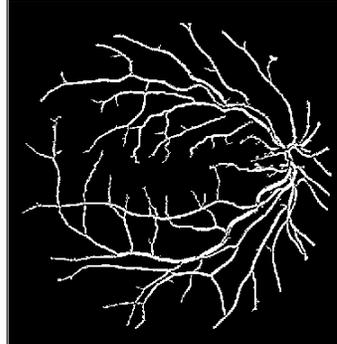
Inisialisasi *seed* diperoleh dari hasil langkah sebelumnya pada *fuzzy* yaitu penentuan *threshold*, jika nilai minimal dari piksel NCE dan SIJ lebih dari sama dengan *threshold*, maka akan dijadikan *seed*. Hasil *seed* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil *seed*

4.3.4.5 Region growing

Sebelum proses *region growing* dilakukan proses *cleaning* dengan parameter minimal objek 90 dan minimal *hole* 10, fungsi dari proses *cleaning* digunakan agar tidak ada *noise* yang akan mengakibatkan kesalahan pada segmentasi yaitu pada proses *region growing*. Selanjutnya dilakukan proses dengan *region mergin*. Hasil proses pada langkah ini atau hasil akhir dari FRG dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil akhir dari FRG

4.4 Skenario uji coba

Pada tahap ini, akan dilakukan uji coba terhadap sistem yang telah dikerjakan. Pengukuran kinerja dalam uji coba ini menggunakan *True positive rate* (TPR), *False positive rate* (FPR), *Accuracy*(ACC), *Presisi*(PCC).

4.4.1 Hasil Uji coba Skenario pertama

Skenario pertama uji coba perbandingan dengan citra *ground thruth*. Perbandingan dilakukan dengan citra *ground-thruth dataset drive* yang telah divalidasi oleh ahli. Untuk uji coba perbandingan menggunakan nilai TPR,FPR,ACC, dan Presisi metode usulan (IUWT dan FRG) dan (IUWT dan Thresholding).

Tabel 4.2 Hasil ACC,TPR,FPR pada parameter fuzzy penentuan BIG dan SMALL *fuzzy region growing* (FRG) dengan level pada IUWT yang sama yaitu level 1. B untuk BIG dan S untuk SMALL.

Tabel 4.2 Hasil performa IUWT dan FRG pada parameter yang berbeda

Citra	Performa	B=0.9,S=0.9	B=0.7,S=0.7	B=0.5,S=0.5	B=0.3,S=0.3
Citra_01	TPR	0.61	0.46	0.31	0.27
	FPR	0.08	0.04	0.02	0.02
	ACC	0.88	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.36	0.48	0.50	0.49
Citra_02	TPR	0.63	0.54	0.33	0.30
	FPR	0.06	0.03	0.02	0.02
	ACC	0.93	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.48	0.54	0.57	0.56
Citra_03	TPR	0.62	0.54	0.38	0.33
	FPR	0.11	0.07	0.05	0.04
	ACC	0.88	0.89	0.89	0.90
	PCC	0.34	0.41	0.41	0.40
Citra_04	TPR	0.46	0.19	0.16	0.15
	FPR	0.02	0.09	0.07	0.06
	ACC	0.94	0.93	0.92	0.92
	PCC	0.58	0.58	0.39	0.35
Citra_05	TPR	0.54	0.30	0.10	0.19
	FPR	0.05	0.01	0.01	0.01
	ACC	0.91	0.93	0.92	0.92
	PCC	0.40	0.53	0.41	0.38
Citra_06	TPR	0.62	0.46	0.16	0.11
	FPR	0.07	0.04	0.02	0.01
	ACC	0.90	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.37	0.40	0.34	0.29
Citra_07	TPR	0.49	0.29	0.12	0.13
	FPR	0.04	0.01	0.01	0.02
	ACC	0.92	0.93	0.92	0.92
	PCC	0.48	0.52	0.42	0.43
Citra_08	TPR	0.35	0.14	0.04	0.01
	FPR	0.02	0.09	0.06	0.08
	ACC	0.94	0.94	0.94	0.91
	PCC	0.47	0.45	0.26	0.11
Citra_09	TPR	0.61	0.46	0.27	0.26
	FPR	0.05	0.02	0.08	0.01
	ACC	0.93	0.94	0.94	0.94
	PCC	0.40	0.48	0.46	0.45
Citra_10	TPR	0.64	0.51	0.35	0.31
	FPR	0.07	0.03	0.08	0.01
	ACC	0.90	0.93	0.94	0.94
	PCC	0.36	0.47	0.55	0.54
Citra_11	TPR	0.51	0.28	0.14	0.13
	FPR	0.04	0.01	0.01	0.01
	ACC	0.93	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.47	0.50	0.44	0.42

Citra	Performa	B=0.9,S=0.9	B=0.7,S=0.7	B=0.5,S=0.5	B=0.3,S=0.3
Citra_12	TPR	0.41	0.19	0.03	0.01
	FPR	0.03	0.01	0.01	0.06
	ACC	0.92	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.47	0.47	0.23	0.05
Citra_13	TPR	0.46	0.21	0.16	0.13
	FPR	0.03	0.01	0.07	0.07
	ACC	0.92	0.92	0.92	0.91
	PCC	0.52	0.54	0.39	0.27
Citra_14	TPR	0.58	0.37	0.17	0.14
	FPR	0.06	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.90	0.93	0.93	0.92
	PCC	0.39	0.52	0.47	0.44
Citra_15	TPR	0.56	0.39	0.13	0.12
	FPR	0.04	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.93	0.94	0.93	0.92
	PCC	0.45	0.51	0.41	0.39
Citra_16	TPR	0.55	0.39	0.26	0.23
	FPR	0.02	0.02	0.02	0.02
	ACC	0.92	0.94	0.92	0.92
	PCC	0.41	0.51	0.42	0.42
Citra_17	TPR	0.62	0.43	0.23	0.20
	FPR	0.05	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.92	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.42	0.47	0.45	0.44
Citra_18	TPR	0.59	0.44	0.21	0.18
	FPR	0.06	0.03	0.01	0.01
	ACC	0.92	0.93	0.93	0.94
	PCC	0.38	0.43	0.40	0.40
Citra_19	TPR	0.61	0.45	0.21	0.14
	FPR	0.07	0.03	0.02	0.01
	ACC	0.90	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.38	0.47	0.45	0.39
Citra_20	TPR	0.51	0.29	0.12	0.10
	FPR	0.04	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.92	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.40	0.44	0.39	0.37
Citra_21	TPR	0.56	0.45	0.21	0.18
	FPR	0.03	0.03	0.01	0.01
	ACC	0.93	0.92	0.94	0.94
	PCC	0.46	0.47	0.53	0.50
Citra_22	TPR	0.61	0.47	0.34	0.31
	FPR	0.07	0.03	0.01	0.01
	ACC	0.90	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.37	0.52	0.58	0.57

Citra	Performa	B=0.9,S=0.9	B=0.7,S=0.7	B=0.5,S=0.5	B=0.3,S=0.3
Citra_23	TPR	0.60	0.50	0.32	0.29
	FPR	0.09	0.04	0.02	0.02
	ACC	0.88	0.92	0.94	0.94
	PCC	0.52	0.35	0.42	0.41
Citra_24	TPR	0.35	0.12	0.15	0.14
	FPR	0.01	0.01	0.07	0.01
	ACC	0.92	0.92	0.92	0.91
	PCC	0.53	0.6	0.56	0.53
Citra_25	TPR	0.35	0.12	0.15	0.14
	FPR	0.01	0.01	0.07	0.07
	ACC	0.94	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.53	0.43	0.32	0.27
Citra_26	TPR	0.60	0.26	0.15	0.14
	FPR	0.02	0.01	0.08	0.08
	ACC	0.89	0.95	0.95	0.95
	PCC	0.47	0.48	0.45	0.44
Citra_27	TPR	0.55	0.28	0.15	0.10
	FPR	0.04	0.01	0.09	0.09
	ACC	0.93	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.48	0.53	0.51	0.49
Citra_28	TPR	0.63	0.48	0.30	0.27
	FPR	0.06	0.03	0.02	0.02
	ACC	0.91	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.42	0.51	0.51	0.50
Citra_29	TPR	0.58	0.40	0.20	0.16
	FPR	0.05	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.92	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.44	0.53	0.52	0.49
Citra_30	TPR	0.61	0.52	0.33	0.29
	FPR	0.09	0.06	0.04	0.04
	ACC	0.90	0.90	0.91	0.91
	PCC	0.31	0.35	0.33	0.31
Citra_31	TPR	0.51	0.26	0.15	0.14
	FPR	0.06	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.95	0.95	0.94	0.94
	PCC	0.44	0.48	0.45	0.44
Citra_32	TPR	0.69	0.26	0.39	0.36
	FPR	0.05	0.01	0.02	0.02
	ACC	0.92	0.95	0.94	0.94
	PCC	0.44	0.48	0.55	0.55
Citra_33	TPR	0.63	0.43	0.24	0.19
	FPR	0.02	0.01	0.01	0.02
	ACC	0.93	0.94	0.94	0.93
	PCC	0.45	0.52	0.53	0.50

Citra	Performa	B=0.9,S=0.9	B=0.7,S=0.7	B=0.5,S=0.5	B=0.3,S=0.3
Citra_34	TPR	0.44	0.31	0.22	0.20
	FPR	0.07	0.02	0.02	0.02
	ACC	0.90	0.91	0.92	0.92
	PCC	0.31	0.38	0.40	0.40
Citra_35	TPR	0.55	0.38	0.22	0.20
	FPR	0.05	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.92	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.45	0.52	0.51	0.50
Citra_36	TPR	0.52	0.45	0.31	0.29
	FPR	0.06	0.04	0.02	0.02
	ACC	0.91	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.40	0.44	0.45	0.44
Citra_37	TPR	0.58	0.45	0.31	0.29
	FPR	0.06	0.04	0.02	0.02
	ACC	0.91	0.92	0.92	0.92
	PCC	0.40	0.44	0.45	0.44
Citra_38	TPR	0.47	0.19	0.42	0.28
	FPR	0.03	0.01	0.08	0.01
	ACC	0.93	0.93	0.92	0.92
	PCC	0.49	0.49	0.26	0.20
Citra_39	TPR	0.57	0.44	0.21	0.13
	FPR	0.08	0.05	0.02	0.01
	ACC	0.90	0.90	0.92	0.92
	PCC	0.34	0.37	0.41	0.34
Citra_40	TPR	0.57	0.32	0.10	0.17
	FPR	0.07	0.02	0.01	0.01
	ACC	0.90	0.93	0.93	0.93
	PCC	0.33	0.46	0.35	0.28

Tabel 4.2 Hasil ACC,TPR,FPR pada *fuzzy region growing*. Pada penelitian ini yang diambil pada parameter 0.9 dikarenakan pada inputan parameter ini pembuluh darah besar dan kecil dapat tersegmentasi.

Tabel 4.3 Hasil IUWT dan FRG

Citra	TPR	FPR	ACC	PCC
Citra_01	0.61	0.08	0.88	0.36
Citra_02	0.63	0.06	0.93	0.48
Citra_03	0.62	0.11	0.88	0.34
Citra_04	0.46	0.02	0.94	0.58
Citra_05	0.54	0.05	0.91	0.40
Citra_06	0.62	0.07	0.90	0.37
Citra_07	0.49	0.04	0.92	0.48
Citra_08	0.35	0.02	0.94	0.47
Citra_09	0.61	0.05	0.93	0.40

Citra	TPR	FPR	ACC	PCC
Citra_10	0.64	0.07	0.90	0.36
Citra_11	0.51	0.04	0.93	0.47
Citra_12	0.41	0.03	0.92	0.47
Citra_13	0.46	0.03	0.92	0.52
Citra_14	0.58	0.06	0.90	0.39
Citra_15	0.56	0.04	0.93	0.45
Citra_16	0.55	0.06	0.92	0.41
Citra_17	0.62	0.05	0.92	0.42
Citra_18	0.59	0.06	0.92	0.28
Citra_19	0.61	0.07	0.90	0.38
Citra_20	0.51	0.04	0.92	0.40
Citra_21	0.56	0.03	0.93	0.46
Citra_22	0.61	0.07	0.90	0.37
Citra_23	0.60	0.09	0.88	0.25
Citra_24	0.59	0.04	0.92	0.53
Citra_25	0.35	0.01	0.94	0.53
Citra_26	0.61	0.08	0.89	0.35
Citra_27	0.55	0.04	0.93	0.48
Citra_28	0.63	0.06	0.91	0.42
Citra_29	0.58	0.05	0.92	0.44
Citra_30	0.61	0.09	0.90	0.31
Citra_31	0.51	0.02	0.95	0.47
Citra_32	0.69	0.05	0.92	0.44
Citra_33	0.63	0.04	0.93	0.45
Citra_34	0.44	0.07	0.90	0.31
Citra_35	0.55	0.05	0.92	0.45
Citra_36	0.52	0.05	0.91	0.49
Citra_37	0.58	0.06	0.91	0.40
Citra_38	0.47	0.03	0.93	0.49
Citra_39	0.57	0.08	0.90	0.34
Citra_40	0.57	0.07	0.90	0.33
Rata-rata	0.55	0.05	0.92	0.41

Tabel 4.4 Hasil IUWT dan thresholding

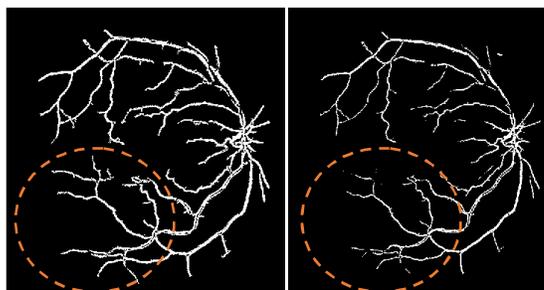
Citra	TPR	FPR	ACC	PCC
Citra_01	0.61	0.08	0.88	0.36
Citra_02	0.16	0.12	0.81	0.10
Citra_03	0.20	0.11	0.82	0.14
Citra_04	0.14	0.12	0.82	0.08
Citra_05	0.26	0.11	0.84	0.14
Citra_06	0.15	0.12	0.82	0.07
Citra_07	0.14	0.12	0.82	0.08
Citra_08	0.17	0.12	0.83	0.07
Citra_09	0.28	0.11	0.84	0.11
Citra_10	0.16	0.12	0.82	0.07
Citra_11	0.19	0.12	0.83	0.09
Citra_12	0.23	0.11	0.83	0.13
Citra_13	0.16	0.12	0.82	0.09
Citra_14	0.16	0.12	0.82	0.08
Citra_15	0.19	0.12	0.83	0.08
Citra_16	0.15	0.12	0.82	0.87

Citra	TPR	FPR	ACC	PCC
Citra_17	0.14	0.12	0.83	0.06
Citra_18	0.14	0.12	0.83	0.06
Citra_19	0.17	0.12	0.82	0.09
Citra_20	0.16	0.12	0.83	0.07
Citra_21	0.11	0.10	0.85	0.06
Citra_22	0.15	0.10	0.84	0.10
Citra_23	0.13	0.10	0.85	0.06
Citra_24	0.16	0.09	0.84	0.12
Citra_25	0.16	0.09	0.85	0.09
Citra_26	0.12	0.10	0.84	0.08
Citra_27	0.16	0.09	0.85	0.12
Citra_28	0.19	0.09	0.84	0.10
Citra_29	0.17	0.09	0.85	0.10
Citra_30	0.15	0.09	0.85	0.09
Citra_31	0.12	0.10	0.86	0.05
Citra_32	0.16	0.09	0.85	0.09
Citra_33	0.14	0.10	0.85	0.08
Citra_34	0.11	0.10	0.84	0.07
Citra_35	0.13	0.10	0.84	0.09
Citra_36	0.16	0.09	0.84	0.13
Citra_37	0.14	0.10	0.84	0.09
Citra_38	0.16	0.09	0.85	0.12
Citra_39	0.11	0.10	0.84	0.16
Citra_40	0.57	0.07	0.90	0.33
Rata-rata	0.18	0.10	0.83	0.12

Pada Tabel 4.3 nilai *threshold* yang dipakai adalah 0.5 dikarenakan menghasilkan hasil segmentasi yang lebih bagus dibandingkan dengan nilai *threshold* yang lain.

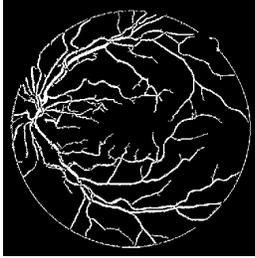
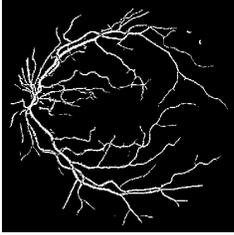
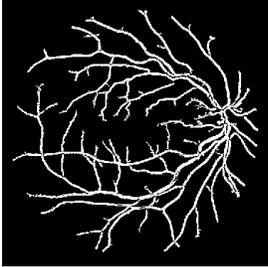
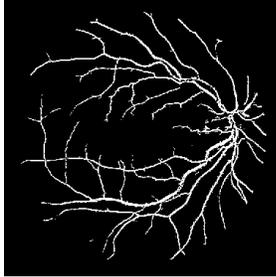
4.3 Hasil Skenario yang kedua yaitu membandingkan hasil metode IUWT dan *thresholding*.

Dari Gambar 17 didapat TPR sebesar 0.62, FPR sebesar 0.05, ACC sebesar 0.92, dan PCC 0.42. Hasil Gambar dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Gambar kiri hasil (IUWT dan FRG) dan kanan (IUWT dan *Thresholding*)

Tabel 4.5 perbandingan hasil segmentasi antara metode usulan dengan metode *thresholding* dengan *thresholding* 0.9 pada parameter *fuzzy*.

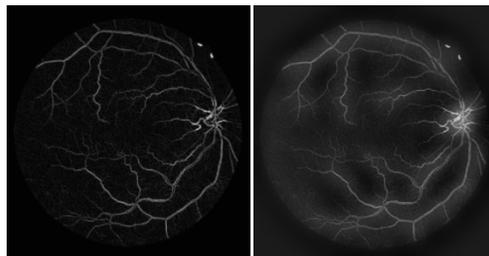
Citra	Hasil Segmentasi IUWT &FRG	Hasil Segmentasi IUWT dan Thresholding
Citra_01		
Citra_02		

Untuk hasil segmentasi yang lebih lengkap ada pada lampiran 1.

4.5 Pembahasan Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan metode yang diusulkan memiliki nilai akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *thresholding*, dikarenakan pada metode *fuzzy region growing* hasil segmentasi yang dihasilkan lebih baik.

4.5.1 Penentuan level pada *isotropic undecimated wavelet transform*



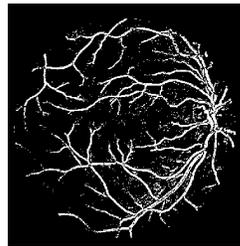
Gambar 4.11 kiri pada level 2 dan Gambar kanan pada level 5

Pemilihan level pada *isotropic undecimated wavelet transform* sangat berpengaruh pada hasil segmentasi selanjutnya. Karena pada proses ini pembuluh pada fundus akan lebih terlihat jika level yang digunakan sesuai. IUWT juga mempengaruhi banyaknya *noise* yang akan dihasilkan pada proses selanjutnya, jika

level tidak sesuai dengan *dataset* maka noise yang muncul akan banyak sehingga akan berpengaruh terhadap hasil segmentasi.

4.5.2 Penentuan minimal objek dan minimal *hole* pada proses *cleaning*

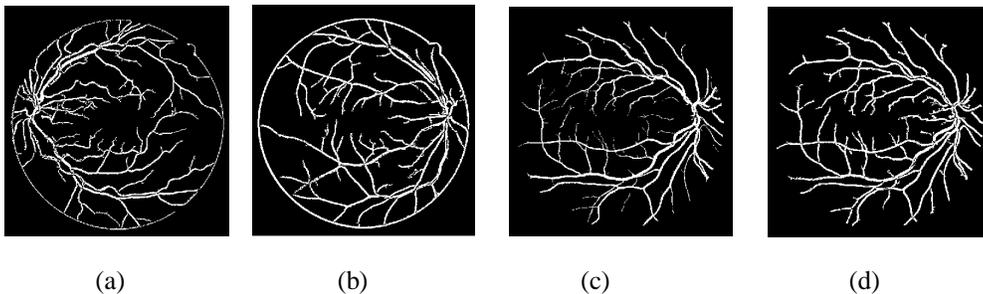
Penentuan parameter pada *cleaning* sebelum proses *region growing* akan berpengaruh terhadap hasil segmentasi karena pada hasil *seed* masih ditemukan suatu *noise*. Gambar hasil *seed* dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Hasil *seed* dari *fuzzy*

4.6 Analisis Hasil Uji coba

Pada penelitian ini, data citra yang digunakan adalah citra fundus pada *dataset drive*, pada penelitian ini menggunakan 40 citra fundus, Hasil akurasi masih belum bagus tetapi sudah lebih bagus dari metode *thresholding*. Hal ini disebabkan karena lingkaran yang ada pada citra juga ikut tersegmentasi seperti Gambar 4.13 pada (a) dan (b). Hasil akurasi juga dipengaruhi oleh citra *ground truth* sesuai dengan Gambar 4.4 pada (c) dan (d) yaitu perbandingan Gambar citra *ground truth*(c) dan Gambar hasil FRG (d).



Gambar 4.13 (a) Hasil dari segmentasi citra_01 dan (b) Hasil dari segmentasi citra_19 (c) Gambar *ground truth* dan (d) Hasil segmentasi FRG

BAB 5

PENUTUP

Penelitian ini menjelaskan tentang metode *isotropic undecimated wavelet transform* (IUWT) dan *fuzzy region growing*. Perancangan, uji coba dan analisis hasil telah dilakukan pada penelitian ini. Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini antara lain:

1. Segmentasi pembuluh darah pada fundus menggunakan metode IUWT dan FRG memiliki nilai performa yang lebih baik dibandingkan metode thresholding dan IUWT. Dengan akurasi 92 % untuk FRG dan 83% untuk thresholding.
2. Penentuan nilai parameter pada fuzzy menentukan tersegmentasinya pembuluh darah tebal maupun tipis dan level pada IUWT yang digunakan juga mempengaruhi hasil segmentasi.

5.2 Saran

Pada penelitian ini hasil dari segmentasi pembuluh masih terdapat lingkaran yang dapat terdeteksi sebagai pembuluh, hal itu yang menyebabkan bnerkurangnya akurasi. Karena itu diharapkan bagi peneliti selanjutnya dapat menambahkan kontribusi untuk menghilangkan lingkaran pada segmentasi pembuluh darah pada fundus.

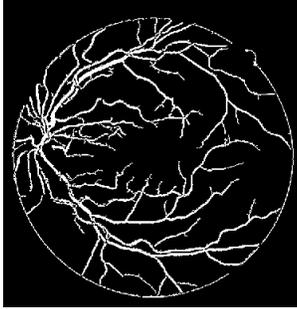
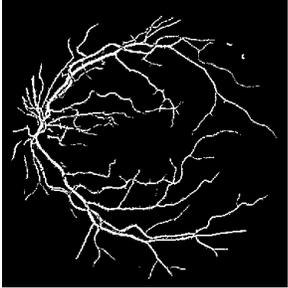
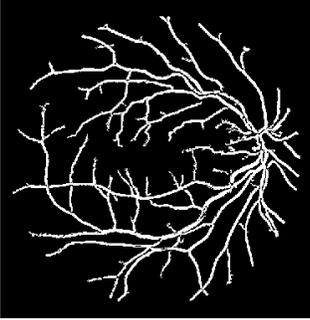
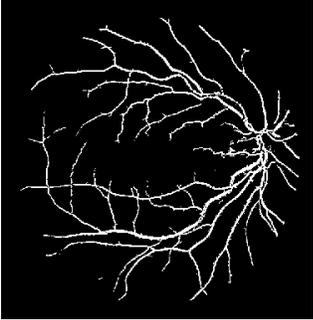
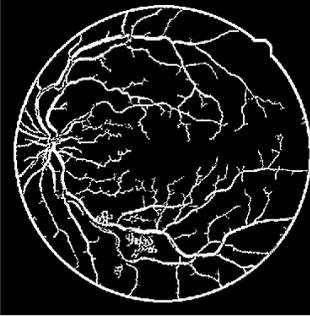
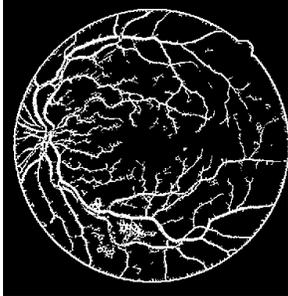
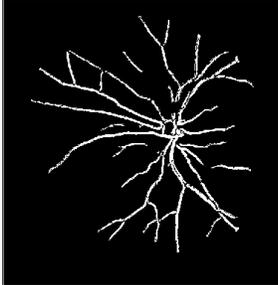
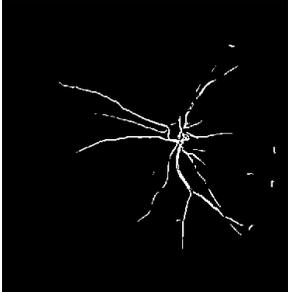
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

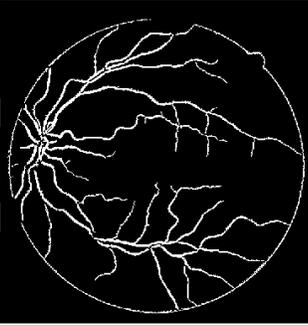
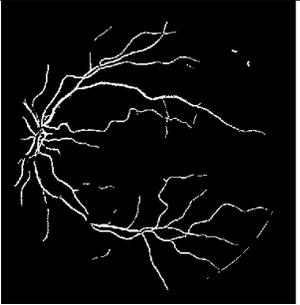
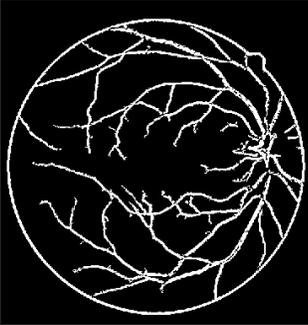
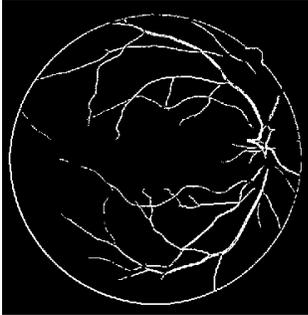
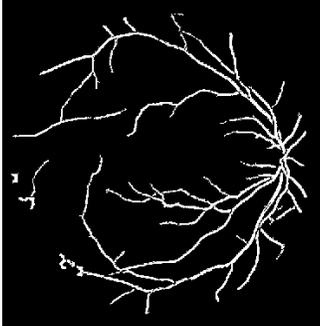
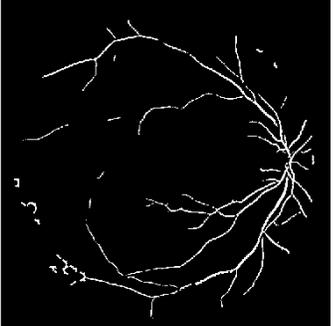
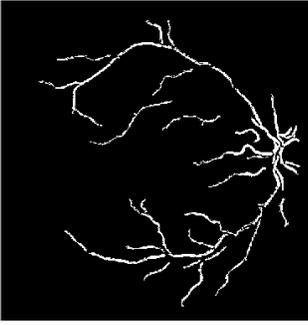
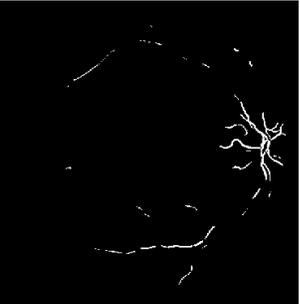
Daftar Pustaka

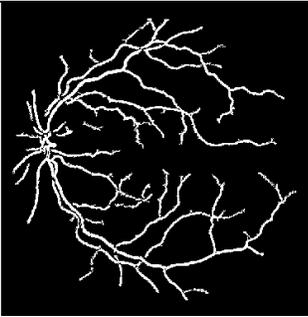
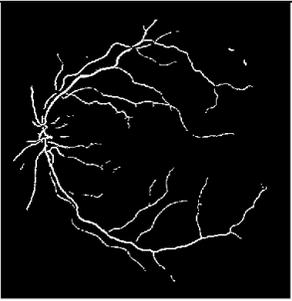
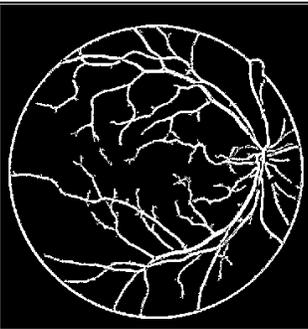
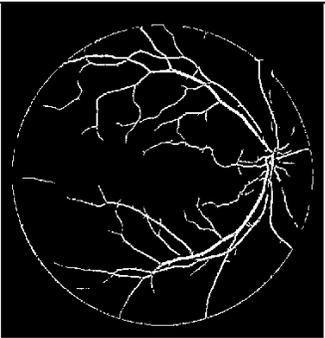
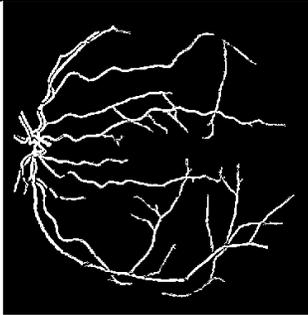
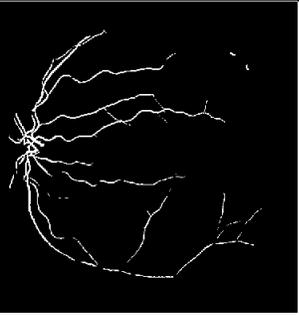
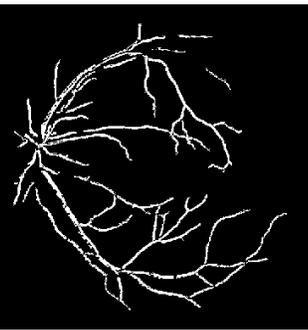
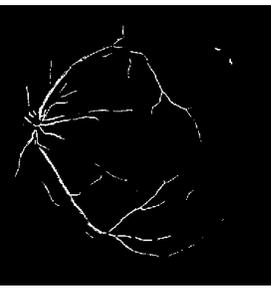
- Akhavan, R., & Faez, K. (2014). A Novel Retinal Blood Vessel Segmentation Algorithm using Fuzzy segmentation, *4*(4).
- BahadarKhan, K., Khaliq, A. A., & Shahid, M. (2016). A morphological hessian based approach for retinal blood vessels segmentation and denoising using region based otsu thresholding. *PLoS ONE*, *11*(7), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158996>
- Bitirgen, G., Ozkagnici, A., Malik, R. a, & Kerimoglu, H. (2014). Corneal nerve fibre damage precedes diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine : A Journal of the British Diabetic Association*, *31*(4), 431–8. <https://doi.org/10.1111/dme.12324>
- Fan, Z., Rong, Y., Lu, J., Mo, J., Li, F., Cai, X., & Yang, T. (2016). Automated Blood Vessel Segmentation in Fundus Image Based on Integral Channel Features and Random Forests.
- Gong, H., Li, Y., Liu, G., Wu, W., & Chen, G. (2015). A Level Set Method For Retina Image Vessel Segmentation Based On The Local Cluster Value Via Bias Correction, (Cisp), 413–417.
- Hassan, G., El-bendary, N., Ella, A., & Fahmy, A. (2015). Retinal blood vessel segmentation approach based on mathematical morphology. *Procedia - Procedia Computer Science*, *65*(Iccmit), 612–622. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.005>
- Jiang, K., Zhou, Z., Geng, X., Zhang, X., & Tang, L. (2016). Isotropic Undecimated Wavelet Transform Fuzzy Algorithm for Retinal Blood Vessel Segmentation Isotropic Undecimated Wavelet Transform Fuzzy Algorithm for Retinal Blood Vessel Segmentation, (April). <https://doi.org/10.1166/jmihi.2015.1561>
- Lasso, W., Morales, Y., & Torres, C. (2015). Image segmentation blood vessel of retinal using conventional filters, Gabor Transform and skeletonization. *2014 19th Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision, STSIVA 2014*, (1). <https://doi.org/10.1109/STSIVA.2014.7010170>
- Lubis, R. R. (2008). Diabetik retinopati. *USU Repository*, 1–12. Retrieved from http://www.slideshare.net/hendri_88/diabetik-retinopati
- Mapayi, T., Viriri, S., & Tapamo, J. (2015). Comparative Study of Retinal Vessel Segmentation Based on Global Thresholding Techniques, *2015*.
- Marín, D., Aquino, A., Gegúndez-arias, M. E., & Bravo, J. M. (2011). A New Supervised Method for Blood Vessel Segmentation in Retinal Images by Using Gray-Level and Moment Invariants-Based Features, *30*(1), 146–158.
- Nazari, P., & Pourghassem, H. (2013). An automated vessel segmentation algorithm in retinal images using 2D Gabor wavelet. *2013 8th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP)*, 145–149. <https://doi.org/10.1109/IranianMVIP.2013.6779967>
- Oliveira, W. S., Teixeira, J. V., Ren, T. I., Cavalcanti, G. D. C., & Sijbers, J. (2016). Unsupervised retinal vessel segmentation using combined filters. *PLoS ONE*, *11*(2), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149943>

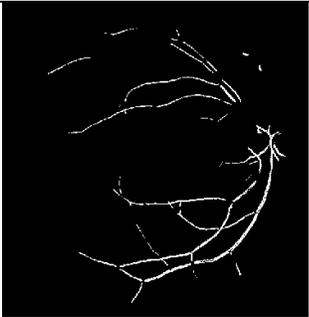
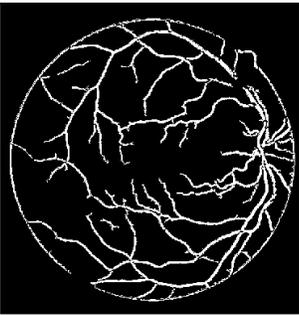
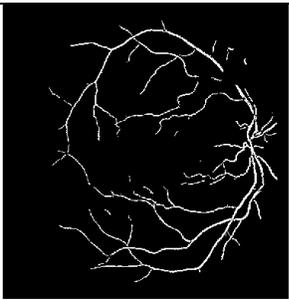
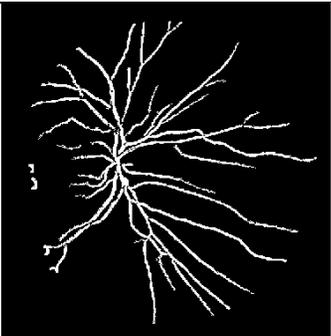
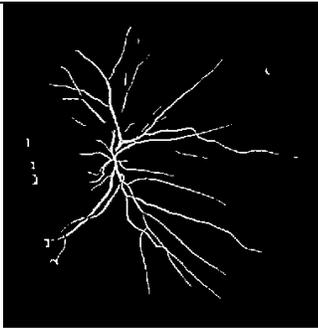
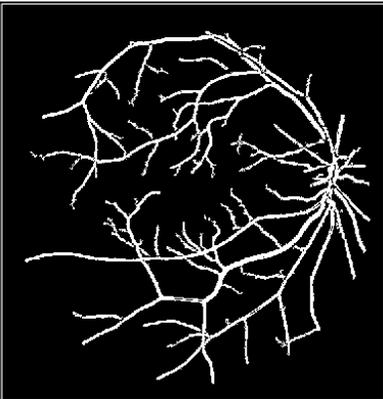
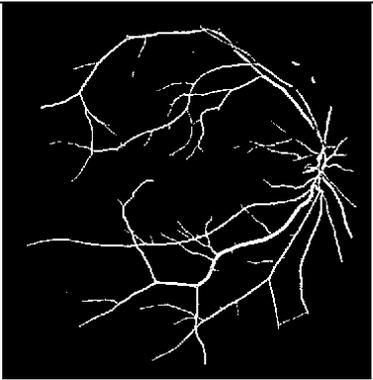
- Roychowdhury, S., Koozekanani, D. D., & Parhi, K. K. (2015). Iterative Vessel Segmentation of Fundus Images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(7), 1738–1749. <https://doi.org/10.1109/TBME.2015.2403295>
- Sabilla, W. I., Soelaiman, R., & Fatichah, C. (2015). Automatic Detection of Proliferative Diabetic Retinopathy with Hybrid Feature Extraction Based on Scale Space Analysis and Tracking, 95–96.
- Sutaji, D., Fatichah, C., & Navastara, A. (2016). Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Citra Fundus Menggunakan Gradient Based Adaptive Thresholding Dan Region Growing, 2, 105–116.
- Tagore, M. R. N., Kande, G. B., Rao, E. V. K., & Rao, B. P. (2013). Segmentation of retinal vasculature using phase congruency and hierarchical clustering. *Proceedings of the 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2013*, 361–366. <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2013.6637198>
- Zhang, J., Tang, Z., Gui, W., & Liu, J. (2016). Retinal vessel image segmentation based on correlational open active contours model. *Proceedings - 2015 Chinese Automation Congress, CAC 2015*, (20130162110013), 993–998. <https://doi.org/10.1109/CAC.2015.7382643>

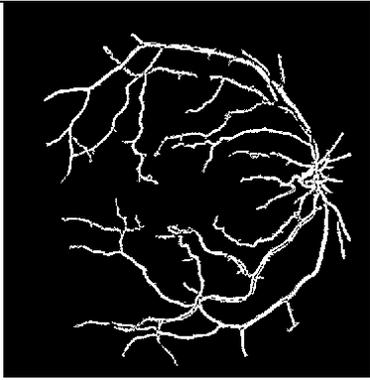
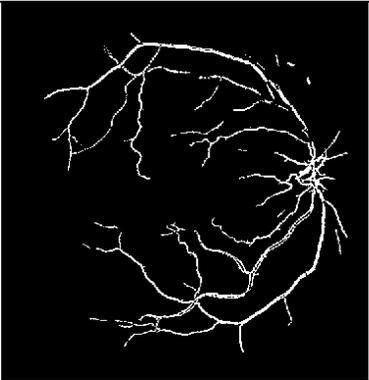
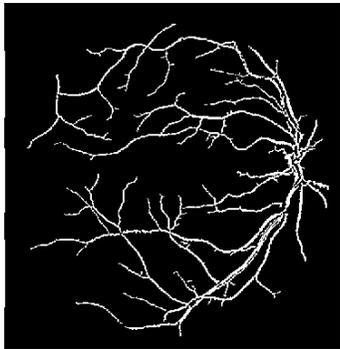
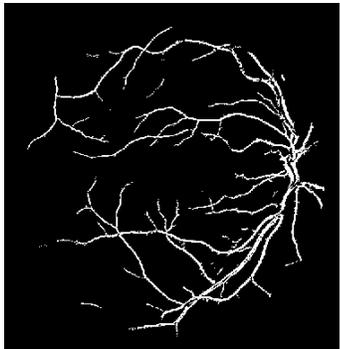
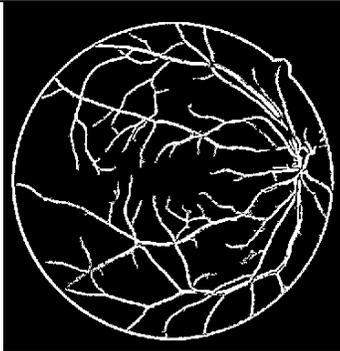
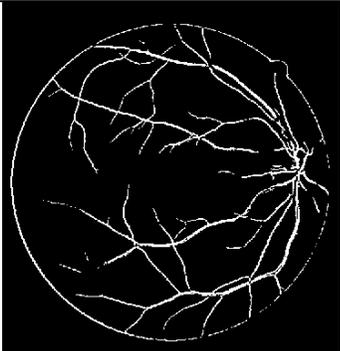
Lampiran 1

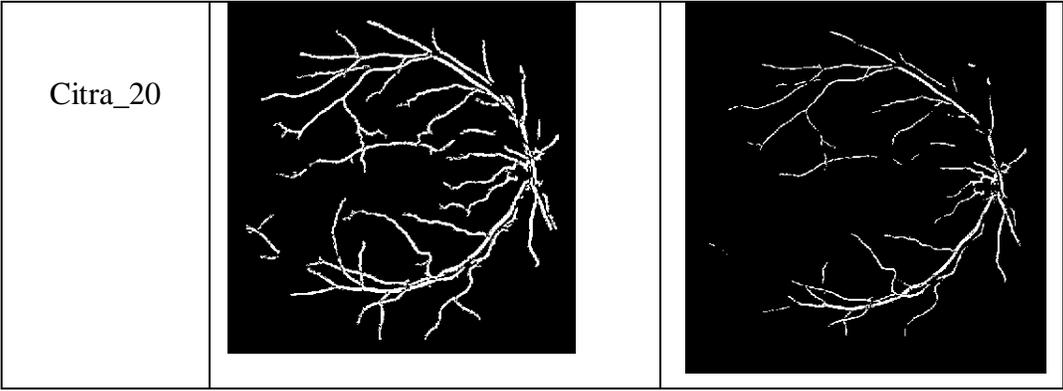
Citra	Hasil Segmentasi IUWT &FRG	Hasil Segmentasi IUWT dan Thresholding
Citra_01		
Citra_02		
Citra_03		
Citra_04		

Citra_05		
Citra_06		
Citra_07		
Citra_08		

Citra_09		
Citra_10		
Citra_11		
Citra_12		

Citra_13		
Citra_14		
Citra_15		
Citra_16		

Citra_17		
Citra_18		
Citra_19		



BIOGRAFI PENULIS



Putri Nur Rahayu dilahirkan di Tulungagung, Jawa Timur pada tanggal 16 september 1992 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Asmunir dan ibu Luky kustriani. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Sumberdadi 1 pada tahun 1999 hingga tahun 2005, lalu melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Sumbergempol pada tahun 2005 hingga tahun 2008, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Ngunut pada tahun 2008 hingga tahun 2011. Penulis melanjutkan jenjang perguruan tinggi pada Jurusan Pendidikan Teknik Informatika di Universitas Negeri Malang pada tahun 2011 hingga tahun 2015. Setelah itu penulis melanjutkan jenjang magister Teknik Informatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 hingga tahun 2017.

email : putri_nur_rahayu@yahoo.co.id