

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN INTERNAL



SEGMENTASI POLA SALIVARY FERNING WANITA
MENGGUNAKAN HARMONI FRANGI FILTERING

Oleh :

- | | |
|----------------------------------|--------------------|
| 1. Heri Pratikno, M.T. | : NIDN. 0716117302 |
| 2. Slamet, M.T. | : NIDN. 0701127503 |
| 3. Yoppy Mirza M., S.Kom., M.MT. | : NIDN. 0725037505 |

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN INTERNAL



SEGMENTASI POLA SALIVARY FERNING WANITA
MENGGUNAKAN HARMONI FRANGI FILTERING

Oleh :

1. Heri Pratikno, M.T. : NIDN. 0716117302
2. Slamet, M.T. : NIDN. 0701127503
3. Yoppy Mirza M., S.Kom., M.MT. : NIDN. 0725037505

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA
2018

**SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN
PROGRAM HIBAH PENELITIAN INTERNAL
TAHUN ANGGARAN 2018
Nomor : 014/ST-PPM/KPJ/VII/2018**

Pada hari ini Rabu tanggal Delapan Belas bulan Juli tahun Dua ribu delapan belas, kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Tutut Wurijanto, M.Kom

: Kepala Bagian Penelitian & Pengabdian Masyarakat (PPM) Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, yang dalam hal ini bertindak sebagai penanggung jawab pelaksanaan Program Hibah Penelitian Internal Tahun Anggaran 2018 yang didanai Lembaga Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya. Untuk selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.

2. Heri Pratikno, M.T.

: Ketua Peneliti tahun anggaran 2018. Untuk Selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

PIHAK KEDUA mempunyai anggota peneliti sebagai berikut :

- Slamet, M.T.
- Yoppy Mirza Maulana, S.Kom., M.MT

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA secara bersama-sama telah bersepakat dan bekerjasama untuk menyelesaikan semua kegiatan Program Hibah Penelitian Internal Tahun Anggaran 2018 Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.

PIHAK PERTAMA memberi kepercayaan dan pekerjaan kepada PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA menerima pekerjaan tersebut sebagai ketua pelaksana program Hibah Penelitian Internal dengan judul: "**SEGMENTASI POLA SALIVARY FERNING WANITA MENGGUNAKAN HARMONI FRANGI FILTERING**"

PIHAK PERTAMA memberikan dana untuk kegiatan Hibah Penelitian Internal kepada PIHAK KEDUA sebesar Rp. 6,000,000,- Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan ke kas Negara sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

PIHAK PERTAMA melakukan pembayaran secara bertahap kepada PIHAK KEDUA, yaitu termasuk pertama sebesar 50% Rp. 3,000,000,- diberikan setelah penandatanganan surat perjanjian ini, termasuk kedua sebesar 20% Rp. 1,200,000,- diberikan setelah laporan kemajuan pelaksanaan dan laporan penggunaan keuangan 70% diterima oleh bagian Penelitian & Pengabdian Masyarakat (PPM), termasuk ketiga sebesar 30% Rp. 1,800,000- diberikan setelah laporan akhir, seminar, *log book*, laporan keuangan dan bukti publikasi dijurnal nasional diterima oleh bagian Penelitian & Pengabdian Masyarakat (PPM).

PIHAK KEDUA harus menyelesaikan tugas program Penelitian Hibah Bersaing selambat-lambatnya pada tanggal **10 November 2018**. Kelalaian atas kewajiban pengumpulan pada tanggal tersebut menyebabkan gugurnya hak untuk mengajukan usulan Penelitian pada tahun berikutnya.

PIHAK PERTAMA dapat melakukan kegiatan: (1) Melakukan pemantauan, (2) Melakukan evaluasi internal, (3) Melakukan audit penggunaan anggaran. Pihak KEDUA wajib memperlancar kegiatan yang dilakukan PIHAK PERTAMA.

PIHAK KEDUA wajib Menyelesaikan:

- Laporan Kemajuan (*Progress Report*) sebanyak 2 (dua) eksemplar, paling lambat **10 September 2018**
- Seminar Laporan Akhir mulai **Oktober 2018** (Jadwal Seminar menyesuaikan).
- Laporan Akhir setelah diseminarkan dikumpulkan sebanyak 2 (dua) eksemplar, paling lambat **10 November 2018**
- Laporan Penggunaan Keuangan 100%, sebanyak 2 (dua) eksemplar, paling lambat **10 November 2018**
- Catatan Harian (*Log Book*) sebanyak 2 (dua) eksemplar, paling lambat **10 November 2018**
- *Softcopy* Laporan Akhir & Laporan Penggunaan Keuangan dalam bentuk *pdf* dikirim ke lppm@stikom.edu, paling lambat **10 November 2018**
- **Publikasi hasil penelitian di jurnal Nasional & Bukti pemuatan publikasi Ilmiah**, paling lambat **10 November 2018**

Demikian surat perjanjian dibuat, dipahami bersama dan dilaksanakan.

Pihak Pertama,



Tutut Wurijanto, M.Kom

Surabaya, 18 Juli 2018

Pihak Kedua,



Heri Pratikno, M.T.

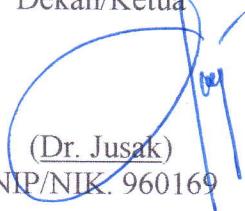
HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN DOSEN PEMULA

Judul Penelitian	: Segmentasi Pola <i>Salivary Ferning</i> Wanita Menggunakan Harmoni Frangi Filtering
Kode Nama Rumpun Ilmu	: 457/Teknik Komputer
Ketua Peneliti	
a. Nama Lengkap	: Heri Pratikno, M.T.
b. NIDN	: 0716117302
c. Jabatan Fungsional	: Asisten Ahli
d. Program Studi	: Sistem Komputer
e. Nomor HP	: 081331212012
f. Alamat surel (<i>e-mail</i>)	: heri@stikom.edu
Anggota Peneliti (1)	
a. Nama Lengkap	: Slamet, M.T.
b. NIM	: 15410200013
c. Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Anggota Peneliti (2)	
a. Nama Lengkap	: Yoppy Mirza Maulana, S.Kom., M.MT.
b. NIDN	: 0725037505
c. Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Anggota Peneliti (3)	
1. Nama Lengkap	: Muhammad Yaqub
2. NIDN	: 15410200013
3. Perguruan Tinggi	: Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Biaya Penelitian	: Rp. 5.976.000,-
Biaya Luaran Tambahan	: -

Surabaya, 06 Nopember 2018

Mengetahui,

Dekan/Ketua


(Dr. Jusak)
NIP/NIK. 960169

Ketua Peneliti,


(Heri Pratikno, M.T.)
NIP/NIK. 9301016

Menyetujui,
Ketua LP/LPPM


(Tri Sagirani, S.Kom., M.MT.)
NIP/NIK. 970229

RINGKASAN

Segera mendapatkan buah hati merupakan harapan dan dambaan bagi pasangan suami istri yang baru menikah, berdasarkan DIPA *Healthcare* – UGM sekitar 11% dari 150 juta pasangan usia subur di Indonesia mengalami infertilitas. Faktor penyebab infertilitas pada wanita 45% dan pria sebesar 40 %, sisanya karena idiopatik, yaitu: faktor infertilitas yang tidak dapat dijelaskan secara medis.

Penelitian yang sudah dilakukan secara medis menyebutkan bahwasanya pada saat seorang wanita memasuki masa subur terutama pada saat ovulasi maka seluruh cairan dalam tubuhnya mengandung pola *fernning*, yaitu: kristalisasi garam yang membentuk seperti pohon palem atau pakis (*fern*). Pengamatan dan penelitian pertama kali pola ferning dalam air liur (*saliva*) pada saat ovulasi dilakukan oleh Dr. Biel Cassals pada tahun 1968 dan M. Guida pada tahun 1991, melaporkan 92% saliva menghasilkan pola kristal ferning dalam masa ovulasi dari siklus menstruasi. Penelitian yang linier dengan penulis dilakukan oleh Hui-Ching Wu pada tahun 2015.

Untuk mendeteksi masa ovulasi dalam masa suburnya banyak metode manual yang bisa dilakukan oleh wanita, diantaranya: menggunakan sistem kalender, mengukur suhu tubuh basal, analisa *servicus mucus*, *test-pack* air seni dan mikroskop. Penggunaan metode manual tersebut tidak akurat dan presisi karena masa ovulasi seorang wanita juga dipengaruhi oleh faktor fisik, psikis, stress dan kecapekan. Disamping itu pengujian tersebut mengandalkan komposisi kandungan hormonal, dari penelitian yang dilakukan secara medis hormon progesteron dan estrogen wanita itu puncaknya justru terjadi sebelum dan sesudah masa ovulasi karena kedua hormon tersebut pertumbuhan bentuk grafiknya merambat naik secara perlahan.

Penelitian ini bertujuan untuk men-segmentasi pola kristal air liur (*salivary fernning pattern*) pada wanita, yaitu: memisahkan antara *background* dan *foreground* yang berupa pola kristal *fernning* dari air liur. Metode yang digunakan dalam proses segmentasi tersebut menggunakan harmonisasi Frangi *Filtering*, dimana metode tersebut belum pernah diterapkan pada penelitian-penelitian sebelumnya dengan obyek berupa *salivary fernning*. Luaran dari hasil penelitian ini yang pertama adalah terbentuknya *database* dari *image salivary fernning pattern* sebanyak 225 buah *image* dari siklus menstruasi bulanan tiga orang sukarelawan (*volunteer*) wanita selama tiga bulan berturut-turut menggunakan mikroskop *portable*. Luaran kedua dihasilkan segmentasi pola kristal air liur yang lebih efisien dan efektif dengan hasil tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi dan natural daripada penelitian-penelitian sebelumnya.

Pengukuran kinerja segmentasi mempunyai nilai rata-rata PSNR 44.7492285 dB, FSIM 95.11%, akurasi 99.8901%, sensitiviti 99.9987% dan spesivisiti 99.890%. Hasil segmentasi dari penelitian ini dapat dilanjutkan untuk penelitian berikutnya, yaitu: mendeteksi masa ovulasi seorang wanita yang berkorelasi dengan perhitungan jumlah piksel terbanyak dari pola krital air liur. Metode Frangi *Filtering* berbasis operasi Hessian matrik digunakan untuk mendeteksi serta menentukan bentuk garis dari pola kristal *salivary fernning* berbentuk *sheet-like*, *blob-like* atau *tubular*.

Kata kunci: *Salivary Fernning*, Frangi *Filtering*, Ovutest Scope.

PRAKATA

Kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT, limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan akhir kegiatan penelitian dosen internal tahun anggaran 2018 dengan judul "Segmentasi Pola Salivary Ferning Wanita Menggunakan Harmoni Frangi Filtering". Kami menyadari ada beberapa hal lagi yang perlu ditingkatkan dan ditindaklanjuti, mohon saran dan masukan yang konstruktif demi kesempurnaan hasil penelitian ini.

Terima-kasih pada semua pihak terutama bagian P3M dan anggota tim yang telah membantu terlaksananya dan penyusunan laporan akhir penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Kami berharap dari hasil akhir penelitian ini bisa dilanjutkan dengan *roadmap* penelitian selanjutnya hingga pada tahapan pengurusan Haki dan Hak Paten, aamiin.....YRA.

Surabaya, 06 Nopember 2018
Ketua Tim Peneliti

Heri Pratikno, M.T.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHANi
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISIiv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kontribusi Penelitian	4
1.6 Target Luaran	5
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Siklus Menstruasi.....	6
2.2 Fertile-Fokus Scope Pocket.....	8
2.3 Pola Kristalisasi Saliva.....	9
2.4 <i>Image Processing</i>	10
2.5 Segmentasi Citra Digital.....	10
2.6 <i>Thresholding</i>	11
2.7 Matriks Hessian Sebagai Metode Deteksi Tepi.....	12
2.8 <i>Roadmap</i> Penelitian Selanjutnya.....	16
 BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	 17
3.1 Tujuan Penelitian	17
3.2 Manfaat Penelitian	17

BAB 4 METODE PENELITIAN	19
4.1 Metodologi	19
4.2 Blok Diagram	20
4.3 Tahapan Proses <i>Image Segmentation</i>	20
4.4 Temuan Kelemahan Penelitian Sebelumnya	21
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	24
5.1 <i>Dataset Image Acquisition</i>	24
5.2 Konversi Ruang Warna RGB ke <i>Gray</i>	26
5.3 Tekstur	28
5.4 <i>Threshold</i>	28
5.5 <i>Blob Boundaries</i>	30
5.6 Kalkulasi Area <i>Blob</i>	32
5.7 <i>Harmony Enhanced Frangi Filter</i>	33
5.8 Segmentasi Akhir <i>Salivary Ferning</i> Menggunakan <i>Frangi Filter</i>	37
5.9 Metode Pengukuran Hasil Segmentasi	37
5.9.1 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR)	41
5.9.2 <i>Feature SIMilarity</i> (FSIM)	42
5.9.3 <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC)	43
5.10 Pengukuran Kinerja Hasil Segmentasi	45
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
6.1 Kesimpulan	49
6.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Siklus menstruasi	7
Tabel 2.2 Contoh Cara Perhitungannya	7
Tabel 2.3 Hubungan nilai <i>eigen</i> pada matriks Hessian dan struktur citra	13
Tabel 5.1 Hasil pengukuran area dari <i>image saliva</i>	32
Tabel 5.2 Hasil perbandingan dari tiga metode <i>thresholding</i>	33
Tabel 5.3 Hasil perbandingan dari dua belas metode <i>filtering</i>	33
Tabel 5.4 Hasil perbandingan konfigurasi beberapa parameter dari <i>Frangi Filter</i>	33
Tabel 5.5 Hasil pengukuran segmentasi <i>image salivary ferning</i> 1	45
Tabel 5.6 Hasil pengukuran segmentasi <i>image salivary ferning</i> 2	46
Tabel 5.7 Hasil pengukuran segmentasi <i>image salivary ferning</i> 3	47
Tabel 5.8 Hasil pengukuran segmentasi <i>image salivary ferning</i> 4	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Parameter fisiologis siklus menstruasi	2
Gambar 2.1 Parameter fisiologis siklus menstruasi masa subur	8
Gambar 2.2 Mini Scope Pocket	8
Gambar 2.3 (a) <i>No Ferning</i> , (b) <i>Partial Ferning</i> , (c) <i>Full Ferning</i>	9
Gambar 2.4 Bagian Saliva	9
Gambar 2.5 <i>Single thresholding</i> dan <i>multi-thresholding</i>	11
Gambar 2.6 <i>Threshold</i> warna per <i>cluster</i>	11
Gambar 2.7 Citra fraktal di- <i>blur</i> (atas) kemudian dilakukan <i>edge detection</i> (bawah) dengan skala 1, 2, 3, 4, dan 5. Direproduksi dari Linderberg (1998). .	14
Gambar 4.1 Blok diagram sistem <i>salivary ferning</i>	20
Gambar 4.2 Salah satu <i>image salivary ferning</i> yang dipilih	21
Gambar 4.3 Garis <i>fernning</i> yang transparan	22
Gambar 4.4 Blok diagram proses segmentation	23
Gambar 5.2 Contoh data <i>salivary ferning</i> dari salah satu <i>voulunteer</i>	25
Gambar 5.3 Beberapa contoh gambar <i>Full Ferning</i>	26
Gambar 5.4 <i>RGB to Gray conversion</i>	27
Gambar 5.5 Tampilan bentuk permukaan dari <i>background</i>	28
Gambar 5.6 Histogram <i>salivary ferning image</i>	29
Gambar 5.7 <i>Binary image</i> dari <i>thresholding</i>	29
Gambar 5.8 <i>Labeled image</i> dari <i>Blob Boundaries</i>	30
Gambar 5.9 Nomer <i>Blob</i> yang paling besar.....	30
Gambar 5.10 Batas tepi luar dari <i>Blob Boundaries</i>	31
Gambar 5.11 Hasil <i>capture Blob Boundaries</i>	31
Gambar 5.12 Kalkulasi jumlah piksel pada area <i>salivary ferning</i>	32
Gambar 5.13 Hasil komputasi menggunakan <i>Harmony Frangi Filter</i>	37
Gambar 5.14 Penentuan <i>Region of Interest</i>	37
Gambar 5.15 Inversi <i>image ROI</i>	38
Gambar 5.16 Segmentasi <i>image ROI</i>	38
Gambar 5.17 Inversi segmentasi dari <i>image ROI</i>	39
Gambar 5.18 <i>Overlay</i> segmentasi <i>image ROI</i> ke <i>image</i> asli <i>RGB</i>	39

Gambar 5.19	<i>Overlay</i> segmentasi <i>image ROI</i> ke <i>image asli Gray</i>	40
Gambar 5.20	Hasil <i>Cropping</i> dari segmentasi <i>image ROI</i>	40
Gambar 5.21	<i>Confusion Matrix</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Salivary Ferning</i> Nunuk Widiana Bulan Pertama	50
Lampiran 2 <i>Salivary Ferning</i> Nunuk Widiana Bulan Kedua.....	51
Lampiran 3 <i>Salivary Ferning</i> Nunuk Widiana Bulan Ketiga.....	52
Lampiran 4 <i>Salivary Ferning</i> Elizabeth Bulan Pertama.....	53
Lampiran 5 <i>Salivary Ferning</i> Elizabeth Bulan Kedua.....	54
Lampiran 6 <i>Salivary Ferning</i> Elizabeth Bulan Ketiga.....	55
Lampiran 7 <i>Salivary Ferning</i> Diana Fitri Bulan Pertama.....	56
Lampiran 8 <i>Salivary Ferning</i> Diana Fitri Bulan Kedua.....	57
Lampiran 9 <i>Salivary Ferning</i> Diana Fitri Bulan Ketiga.....	58

BAB 1. PENDAHULUAN

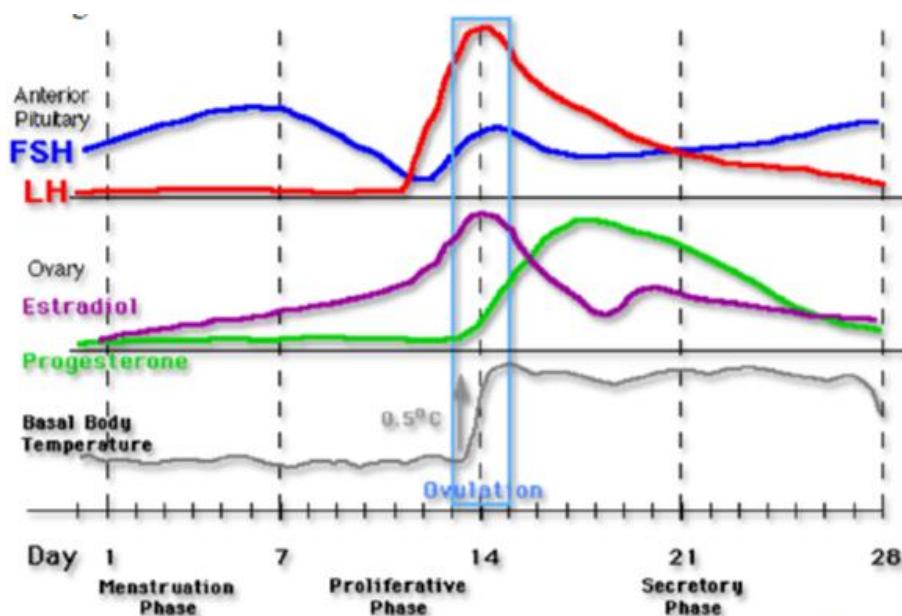
1.1 Latar Belakang Penelitian

Definisi infertilitas menurut WHO-ICMAR adalah penyakit atau permasalahan pada sistem reproduksi yang didefinisikan oleh kegagalan untuk mencapai kehamilan klinis setelah 12 bulan atau lebih dari hubungan seksual tanpa menggunakan kontrasepsi atau infertilitas adalah ketidakmampuan pasangan non-kontrasepsi yang aktif secara seksual untuk mencapai kehamilan dalam satu tahun. Pasangan laki-laki dapat dievaluasi untuk infertilitas atau subfertilitas dengan menggunakan berbagai intervensi klinis, dan juga dari evaluasi laboratorium terhadap air mani (Manual Semen, Edisi ke-53).

Infertilitas bisa terjadi dari pihak wanita maupun pria yang disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya faktor dari dalam: kelainan organ reproduksi, penyakit, gangguan hormon atau siklus menstruasi yang tidak teratur. Sedangkan penyebab dari faktor luar, yaitu: trauma, stress, radikal bebas, polusi atau penggunaan pil kontrasepsi yang sudah lama. Pada pasangan yang subur, peluang untuk mendapatkan kehamilan pada tahun pertama menikah adalah sebesar 85 %, pada tahun kedua jumlahnya jadi meningkat sebanyak 92 % dan sisanya mengalami infertilitas. Secara umum dua bulan pertama dari pernikahan pada tahun pertama peluang untuk mendapatkan kehamilan sebesar 30% (Yassin Yanuar Muhammad, dokter spesialis Onkologi dan Ginekologi, 22 Desember 2015).

Pada saat ini, metode yang sering digunakan oleh seorang wanita untuk mendeteksi masa subur adalah: menggunakan test-pack untuk mendeteksi hormon melalui air seni, BTT Thermometer untuk mendeteksi peningkatan suhu tubuh serta penggunaan Ovutest Scope. Kelemahan utama penggunaan test-pack adalah alat hanya sekali pakai dan pada masa subur indikator garis strip sudah terlihat jadi sulit untuk menentukan kapan terjadinya ovulasi karena puncak dari hormon progesteron dan estrogen terjadi setelah ovulasi sebagaimana tampak pada Gambar 1.1.

Cara tradisional lain yang digunakan untuk mendeteksi masa ovulasi adalah dengan mengukur suhu badan wanita setiap hari, dimana aliran hormon pada masa ovulasi diprediksi terjadi antara akhir minggu kedua dan awal minggu ketiga dari awal siklus menstruasi yang biasanya ditandai dengan naiknya suhu tubuh antara 0.3 °C sampai dengan 0.6 °C diatas suhu tubuh normal dalam waktu 12 sampai dengan 24 jam tampak pada Gambar 1, masa ovulasi juga sulit untuk ditentukan karena suhu tubuh akan meningkat apabila stress, kecapekan dan badan akan sakit. Sedangkan penentuan masa ovulasi melalui pengamatan air liur menggunakan Ovutest Scope secara manual juga sulit diputuskan karena pengambilan sample sebagai dataset harus dilakukan secara teratur serta proses pembacaan datanya masih bersifat subjektif.



Gambar 1.1 Parameter fisiologis siklus menstruasi

Metode yang diajukan pada penelitian ini adalah metode kombinasional antara: pengambilan dataset *salivary ferning* secara manual dari tiga orang wanita dalam usia subur dan produktif selama tiga bulan berturut-turut menggunakan Ovutest Scope. Kemudian proses pembacaan, diagnosa dan sistem pendukung keputusan untuk mendeteksi masa ovulasinya menggunakan proses komputasi secara image processing.

Hasil penelitian terbaru yang secara obyek sama dengan penulis dilakukan oleh Hui-Ching Wu pada tahun 2015 dengan hasil klasifikasi sebesar 84% dari 100 contoh saliva. Penerapan metode Harmoni Frangi *Filtering* diyakini oleh penulis dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan akurasi dan presisi lebih dari 84%, disamping itu penerapan metode Harmoni Frangi *Filter* ini merupakan metode yang belum pernah diterapkan pada obyek *salivary ferning* sehingga hal ini menjadikan keterbaruannya karena selama ini Frangi *Filter* banyak diterapkan pada jaringan syaraf otak dan jaringan syaraf mata manusia.

Adapun permasalahan utama dalam men-segmentasi pola kristal *salivary ferning* adalah adanya pola garis *fern* yang tumpeng-tindih, terputus-putus serta terdapatnya beberapa lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan pola *fernning* yang transparan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan faktor kompleksitas bentuk pola dan susunan lapisan dari *salivary ferning* serta latar belakang permasalahan penelitian diatas, maka pada penelitian ini ada beberapa permasalahan yang perlu dirumuskan, diantaranya:

1. Bagaimana cara melakukan *image acquisition* dan *capturing* dari obyek *salivary ferning* ?
2. Bagaimana cara mendeteksi dan menampilkan pola *salivary ferning* yang mempunyai lapisan tersembunyi atau lapisan yang transparan ?
3. Apakah hasil komparasi metode Harmoni Frangi *Filter* dengan beberapa metode lain mempunyai akurasi dan presisi hasil segmentasi yang lebih baik ?
4. Bagaimana cara mengevaluasi kinerja hasil segmentasi *salivary ferning* pada metode Harmoni Frangi *Filtering* terkait dengan parameter *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan *image acquisition* dari tiga orang *volunteer* wanita selama tiga bulan berturut-turut serta melakukan proses *capturing* dari *ovutest-scope* menggunakan *camera*.
2. Mendeteksi dan menampilkan lapisan pola *ferning* yang transparan dan tersembunyi.
3. Melakukan komparasi beberapa metode segmentasi dengan metode Frangi *Filter*.
4. Mengevaluasi *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* hasil segmentasi metode Frangi Filter.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, maka dalam penyelesaian penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Penerapan metode hasil segmentasi pola kristal air liur pada penelitian ini fokus pada wanita tidak pada hewan.
2. Tahapan pada penelitian ini belum sampai pada tahapan klasifikasi untuk mendeteksi atau menentukan *No Ferning*, *Partial Ferning* dan *Full Ferning*.
3. Tindak lanjut dari hasil penelitian ini bisa ditingkatkan untuk mendeteksi masa ovulasi wanita melalui perhitungan jumlah piksel dari pola kristal air liur.

1.5 Kontribusi Penelitian

Tiga kontribusi utama dari hasil penelitian ini adalah:

1. Dihasilkannya data set berupa *image salivary ferning* sebanyak $3 \times 3 \times 25 = 225$ buah dari tiga volunteer selama tiga bulan berturut-turut.
2. Mendapatkan hasil segmentasi pola kristal air liur yang lebih baik daripada hasil penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga dengan tahapan penelitian berikutnya dapat meningkatkan parameter uji dari sisi *accuracy*, *specivity* dan *sensitivity*.

1.6 Target Luaran

- Artikel ilmiah dimuat pada jurnal Nasional Terakreditasi terindeks SCOPUS Q3.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Menstruasi

Secara awam seorang wanita belum tentu tahu persis kapan dirinya sedang mengalami masa ovulasi diantara masa suburnya, terlebih bagi wanita yang mengalami siklus menstruasi tidak teratur. Menurut dr. Boyke Dian Nugraha, SpOG, MARS., ginekolog dari Klinik Pasutri apabila pasutri ingin segera mempunyai keturunan atau ingin menundah kehamilan, maka seorang istri harus tahu kapan tiba hari suburnya. Dimana saat itulah waktu yang tepat untuk berhubungan intim karena sel telur (*fertilizable oocyte*) yang telah matang siap dibuahi sel sperma pria. Pada saat masa subur, wanita akan mengalami perubahan komposisi hormon estrogen dan progesteron yang secara signifikan akan terlihat dalam kandungan air liur, air seni dan suhu tubuh.

Pada saat sebelum terjadinya ovulasi pada tubuh seorang wanita mengalami beberapa perubahan-perubahan, diantaranya perubahan pada kadar LH dan pola ferning air liur. Adapun hal yang perlu diketahui adalah sperma dapat hidup selama 3 sampai dengan 5 hari di dalam tubuh wanita [4], sedangkan sel telur hanya bisa bertahan selama 12 - 24 jam maka untuk mengoptimalkan pembuahan disarankan pasutri berhubungan intim 2 hari sebelum masa subur, pada masa subur serta 2 hari setelah masa subur. Jika siklus menstruasi teratur dalam jangka waktu 28 hari, maka masa ovulasi terjadi dipertengahan periode tersebut, yaitu: 14 hari sebelum periode menstruasi berikutnya dan 14 hari dari awal menstruasi. Apabila periode menstruasinya 35 hari maka masa ovulasi masih tetap 14 hari dari awal menstruasi dan 21 hari dari menstruasi periode berikutnya.

Perhitungan siklus menstruasi adalah hari pertama saat menstruasi sampai hari sebelum siklus menstruasi pada bulan berikutnya. Dapat dilihat pada Tabel 1, apabila siklus menstruasi kurang dari 21 hari atau lebih dari 40 hari, hal itu berarti siklus menstruasi dari seorang wanita tersebut tidak normal sehingga disarankan untuk konsultasi dengan dokter. Sebagai contoh dari Tabel 1, jika siklus menstruasi seorang wanita rata-rata 27 hari maka tes mulai dilakukan pada

hari ke-10, misalkan hari pertama haid pada tanggal 3 maka mulai tes adalah pada tanggal 12 sebagaimana tampak pada Tabel 2.

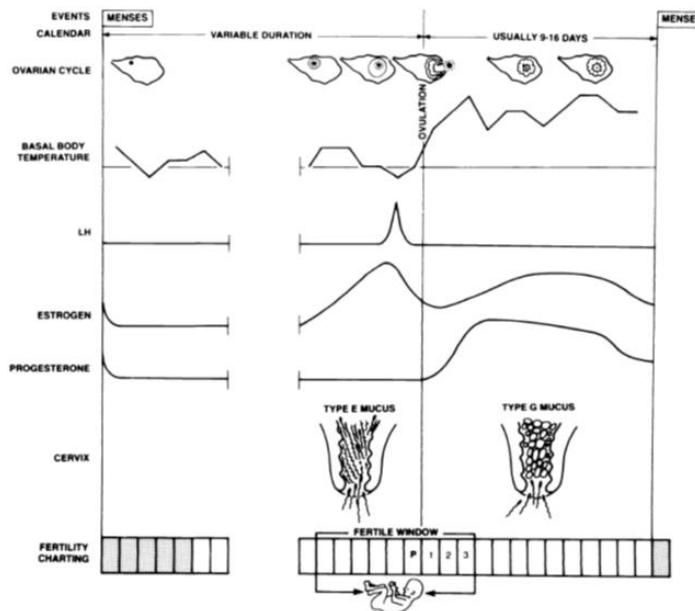
Tabel 2.1. Siklus Menstruasi

Siklus Haid (Hari)	Tes Hari Ke:	Siklus Haid (Hari)	Tes Hari Ke:	Siklus Haid (Hari)	Tes Hari Ke:	Siklus Haid (Hari)	Tes Hari Ke:
21	5	26	9	31	14	36	19
22	6	27	10	32	15	37	20
23	7	28	11	33	16	38	21
24	7	29	12	34	17	39	22
25	8	30	13	35	18	40	23

Tabel 2.2. Contoh Cara Perhitungannya

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	26	27	28

Pada Gambar 2.1 menampilkan gambar perubahan biofisik yang disebabkan oleh hormon dengan puncaknya menghasilkan *fertilizable oocyte* pada tiap bulannya, terkait dengan pemantauan ovulasi diantaranya: sistem kalender, pengukuran suhu tubuh basal (BBT), pemantauan hormon dalam urin, *ovarian ultrasound* dan pemeriksaan sekresi servik.



Gambar 2.1 Parameter fisiologis siklus menstruasi masa subur [6].

2.2 Fertile-Fokus Scope Pocket

Pengambilan dan pengumpulan data image dari pola kristal saliva dilakukan dengan menggunakan alat mini-scope mobile atau mini-scope pribadi dan webcam dari laptop. Mengapa memilih menggunakan mini-scope ? hal ini dikarenakan harganya murah, kecil, alami, bisa digunakan berkali-kali serta mempunyai nilai akurasi sampai dengan 98% dalam proses pengamatan secara manual bentuk pola perubahan kerapatan kristal dari ferning selama siklus menstruasi bulanan dapat digunakan untuk mengidentifikasi kapan terjadinya masa ovulasi. Alat ini diciptakan oleh pakar fertilitas, yaitu: Dr. Amos Grubenaum, *ObGyn.*, tampak pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mini Scope Pocket

2.3 Pola Kristalisasi Saliva

Saliva ferning menampilkan pola kristal seperti daun pakis atau palem yang diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: *No Ferning*, *Partial Ferning* dan *Full Ferning* sebagaimana tampak pada Gambar 2.33. Selama masa subur pada siklus menstruasi wanita, pola ferning dalam air liur secara signifikan akan semakin meningkat ketika mendekati masa ovulasi sebagai akibat adanya perubahan hormonal. Gambar 2.3(a) menampilkan pola kristalisasi *No Ferning* yang berupa titik-titik pada masa transisi ke *fertile*. Pada Gambar 2.3(b) menunjukkan *Partial Ferning* berupa pola kristal seperti daun pakis kecil di beberapa bagian terpencil, kondisi ini muncul pada saat mendekati masa ovulasi. Sedangkan pada Gambar 2.3(c) menampilkan pola *Full Ferning* yang lebih intens dan jelas, kondisi ini terlihat pada saat masa ovulasi.

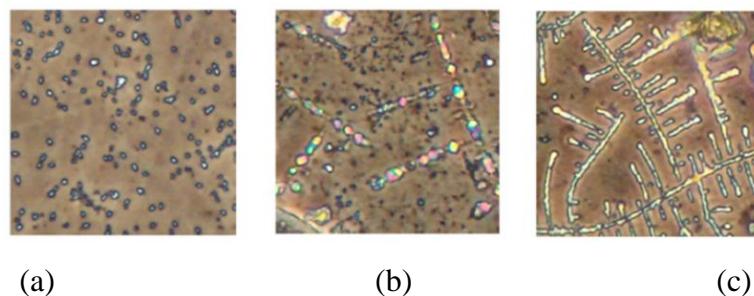
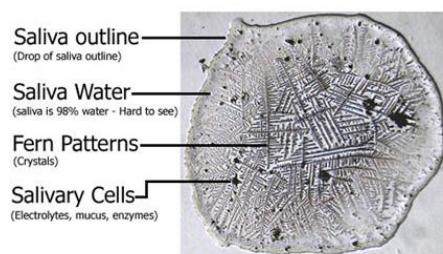


Figure 2.3. (a) *No Ferning*, (b) *Partial Ferning*, (c) *Full Ferning*

Berdasarkan pada Gambar 2.4 secara umum pola kristal dari ferning mempunyai beberapa bentuk dan bagian diantaranya: *saliva outline* yang menunjukkan batas tepi dari setetes saliva, *saliva water* secara umum terdiri dari kandungan air sebesar 98 %, *fern patterns* yang membentuk pola kristal ferning. Jumlah pola ferning inilah yang menunjukkan terjadinya masa ovulasi atau bukan, bagian terakhir dari saliva adalah *salivary cells*.



Gambar 2.4. Bagian *Saliva*

2.4 *Image Processing*

Informasi atau data dapat berupa teks, citra, audio dan video, sehingga kombinasi dari keempat jenis data diatas disebut dengan multimedia. Citra (*image*) adalah bentuk informasi visual yang memiliki lebih banyak informasi dibandingkan dengan data yang disajikan dalam bentuk tekstual. Bidang pengolahan citra terutama citra digital berkembang sangat pesat yang mempunyai fungsi utama untuk memperbaiki kualitas citra agar dapat terlihat lebih jelas.

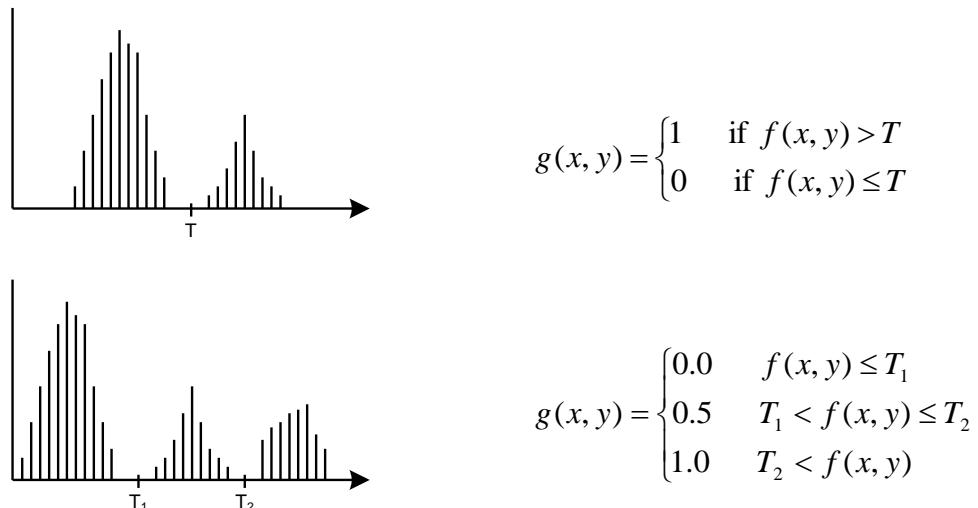
Proses pada komputer akan mentransformasi citra menjadi besaran-besaran diskrit dari nilai tingkat keabu-abuan pada titik-titik elemen citra di layar monitor (*pixel*). Pengolahan citra digital bisa berupa pengkodean citra (*image coding*), segmentasi citra (*image segmentation*), representasi dan diskripsi citra (*image representation and description*). Pada pengolahan citra digital mempunyai beberapa metode untuk mengurangi atau menghilangkan efek degradasi warna pada citra digital, diantaranya: perbaikan citra (*image enhancement*), transformasi spasial (*spatial transformation*) dan restorasi citra (*image restoration*).

2.5 Segmentasi Citra Digital

Dalam melakukan pengenalan sebuah objek di antara banyak objek dalam citra, komputer harus melakukan proses segmentasi terlebih dahulu. Segmentasi citra merupakan bagian dari proses pengolahan citra. Proses segmentasi citra ini lebih banyak merupakan suatu proses pra-pengolahan pada sistem pengenalan objek dalam citra. Segmentasi citra (*image segmentation*) mempunyai arti membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan yang tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya, kemudian hasil dari proses segmentasi ini akan digunakan untuk proses tingkat tinggi lebih lanjut yang dapat dilakukan terhadap suatu citra, misalnya proses klarifikasi citra dan proses identifikasi objek. Adapun dalam proses segmentasi citra itu sendiri terdapat beberapa algoritma diantaranya : algoritma deteksi titik, deteksi garis, dan deteksi sisi.

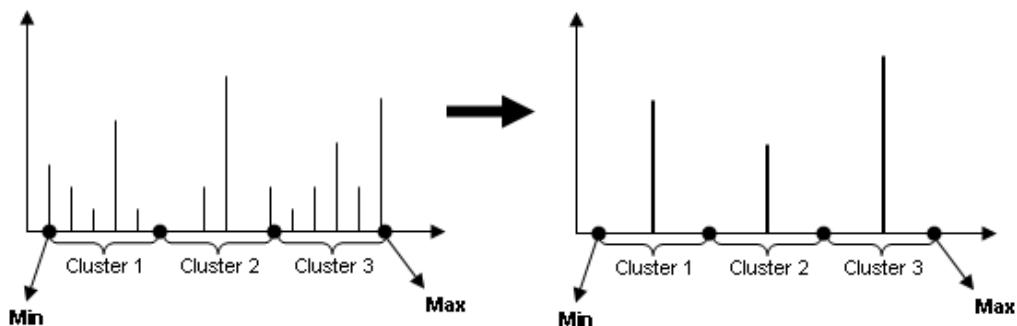
2.6 Thresholding

Pada umumnya antar objek yang akan dipisahkan adalah yang memiliki intensitas warna yang berlainan, masing-masing objek memiliki warna yang hampir seragam. Operasi dari *thresholding* bertujuan menempatkan satu atau lebih *threshold* pada sumbu datar histogram untuk memisahkan kelompok warna piksel yang diduga sebagai penyusun obyek (*foreground*) atau latar belakangnya (*background*). Contoh *thresholding* dengan fungsi $g(x,y) = \text{konstanta}$.



Gambar 2.5 Single thresholding dan multi-thresholding

Contoh Gambar 2.6 *thresholding* dengan fungsi $g(x,y) = \text{rata-rata warna per cluster}$, permasalahan pertama *thresholding* adalah penentuan nilai *threshold* yang harus tepat dan permasalahan kedua adalah jika kemunculan tiap warna dalam citra cenderung sama sehingga tidak bisa diprediksi batas antar objek.



Gambar 2.6. Threshold warna per cluster

Rumus persamaan *threshold* seperti pada persamaan 2.1, dimana pada persamaan tersebut akan menentukan jenis dari *threshold*-nya. Pada $f(x,y)$ merupakan *gray level* pada titik (x,y) , sedang $p(x,y)$ adalah properti lokal dari titik (x,y) , sebagai contoh: *gray level* rata-rata dari area ketetanggaan yang berpusat di titik (x,y) . Sebagai nilai global, jika T hanya tergantung dari $f(x,y)$, sedangkan *local* T dipengaruhi oleh $f(x,y)$ dan $p(x,y)$ dan *dynamic* T tergantung dari koordinat spasial pada titik (x,y) .

$$T = T [x, y, p(x,y), f(x,y)] \dots \quad (2.1)$$

2.7 Matriks Hessian Sebagai Metode Deteksi Tepi

Matriks merupakan susunan bilangan yang diatur berdasarkan baris dan kolom yang mana entri dalam matriks disebut elemen. Matriks Hessian adalah matriks yang setiap elemennya dibentuk dari turunan parsial kedua dari suatu fungsi. Misalkan sebuah fungsi $f(x)$ dengan n buah variabel memiliki turunan parsial kedua dan turunannya kontinyu, maka matriks Hessian dari $f(x)$ adalah matriks H (Leon 2010):

$$H(f) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2.2)$$

Matriks Hessian digunakan untuk melakukan uji turunan kedua fungsi lebih dari satu variabel dengan mengidentifikasi optimum lokalnya. Fungsi dua variabel digunakan karena intensitas piksel citra $I(x,y)$ memiliki dua variabel yaitu x dan y . Nilai optimum dapat dicari menggunakan nilai *eigen* dari matriks Hessian sebagai berikut, jika A matriks berordo $(n \times n)$ dan λ suatu skalar yang memenuhi persamaan $Ax = \lambda x$ untuk suatu vektor kolom tak nol dalam ruang dimensi n , maka:

1. λ disebut nilai *eigen* atau akar-akar karakteristik dari matriks A.
 2. x disebut vektor *eigen* atau vektor karakteristik dari matriks A.

3. Vektor-vektor *eigen* \mathbf{x} membentuk ruang vektor *eigen* dari A yang bebas linier disebut basis untuk ruang *eigen* yang bersesuaian dengan nilai *eigen* λ .

Matriks Hessian memberikan turunan kedua dari variasi intensitas lokal citra terhadap piksel di sekelilingnya. Nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari matriks Hessian tersebut digunakan untuk menganalisis struktur citra. Frangi (1998), mendefinisikan hubungan antara nilai *eigen* $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ dengan $|\lambda_1| \leq |\lambda_2| \leq |\lambda_3|$ pada Tabel 3.

Tabel 2.3. Hubungan nilai *eigen* pada matriks Hessian dan struktur citra

2D		3D			Structure Orientation	Keterangan
λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_3		
L	L	L	L	L	No structure	$L = low$
L	L	L	L	H-	Sheet-like (bright)	$H+ = high positive$
L	L	L	L	H+	Sheet-like (dark)	$H- = high negative$
L	H-	L	H-	H-	Tubular (bright)	+ / - = eigen value sign
L	H+	L	H+	H+	Tubular (dark)	
H-	H-	H-	H-	H-	Blob-like (bright)	
H+	H+	H+	H+	H+	Blob-like (dark)	

Untuk mendapatkan matriks Hessian pada citra 2D maka dihitung turunan parsial kedua dari suatu citra: D_{xx}, D_{yy} dan D_{xy} (Kroon 2009).

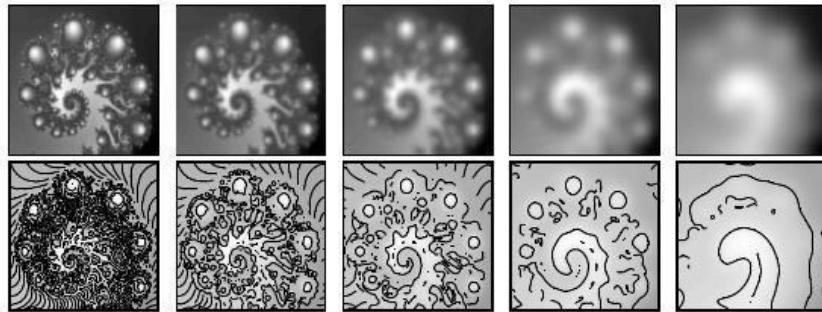
$$H(x,y) = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix} \dots \quad (2.3)$$

Filter Frangi menggabungkan proses *image enhancement smoothing* menggunakan konvolusi Gaussian dengan turunan kedua untuk mendeteksi “vesselness” pada citra. Sebagai contoh pada kasus 1D, citra respon dari *filter* tersebut diberikan pada persamaan (2.4) (Sato 1998). $I(x)$ merupakan citra input dan * merupakan operator konvolusi.

$$D(x,\sigma) = \left\{ -\frac{d^2 G(x,\sigma)}{dx^2} \right\} * I(x) \dots \quad (2.4)$$

Perhitungan respon citra $D(x,\sigma)$ merupakan Gaussian *scale space*, Linderberg (1996) menjelaskan teori *scale space* sebagai rangkaian dari citra 1D yang diblurkan dengan index blur σ atau standar deviasi dari fungsi Gaussian. Index blur σ didefinisikan sebagai “skala s”, yaitu: ukuran kernel Gaussian yang

mempengaruhi hasil blur citra. Gambar 2.7 menunjukkan citra fraktal yang diblur kemudian dilakukan *edge detection* pada skala yang berbeda-beda. Peningkatan *smoothing* dapat menyebabkan distorsi bentuk pada *edge* yang terekstraksi. Penerapan *smoothing* pada skala rendah akan mengekstrak terlalu banyak *edge* maka pemilihan skala s harus dilakukan secara tepat.



Gambar 2.7 Citra fraktal di-*blur* (atas) kemudian dilakukan *edge detection* (bawah) dengan skala 1, 2, 3, 4, dan 5. Direproduksi dari Linderberg (1998).

Untuk fungsi Gaussian *smoothing* yang sederhana ditunjukkan pada persamaan (2.5), sedangkan untuk mendapatkan elemen matriks Hessian berupa turunan parsial kedua dari citra, citra dikonvolusikan dengan fungsi Gaussian turunan kedua yaitu: $D_{xx} = I(x) * \mathcal{G}_{xx}$, $D_{xy} = I(x) * \mathcal{G}_{xy}$, $D_{yy} = I(x) * \mathcal{G}_{yy}$. Fungsi Gaussian *scale space* tersebut \mathcal{G}_{xx} , \mathcal{G}_{xy} dan \mathcal{G}_{yy} dan ditunjukkan pada persamaan (2.6), (2.7) dan (2.8), (Kroon 2009).

$$D(x,y,s) = \frac{1}{2\pi s^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2s^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

$$G_{xx} = \frac{\partial^2 G(x,y,s)}{\partial^2 x} = \frac{1}{2\pi s^4} \left(\frac{x^2}{s^2} - 1 \right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2s^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

$$G_{yy} = \frac{\partial^2 G(x,y,s)}{\partial^2 y} = \frac{1}{2\pi s^4} \left(\frac{y^2}{s^2} - 1 \right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2s^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.7)$$

$$\mathcal{G}_{xy} = \frac{\partial^2 G(x,y,s)}{\partial x^2} = \frac{xy}{2\pi s^6} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2s^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

dengan $x,y = [-3s:3s]$ sehingga dihasilkan kernel filter gaussian turunan kedua. Nilai *eigen* dicari dengan menggunakan persamaan (2.9) dan (2.10). (Salem

2007), dengan $\alpha = ((D_{xx} + D_{yy})^2 + 4D_{xy}^2)$ kemudian nilai *eigen* diurutkan sehingga $\lambda_2 > \lambda_1$.

$$\lambda_2 = \frac{D_{xx} + D_{yy} + \alpha}{2} \quad \dots \quad (2.9)$$

$$\lambda_1 = \frac{D_{xx} + D_{yy} - \alpha}{2} \quad \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Nilai *eigen* tersebut digunakan untuk mendekripsi struktur seluruh piksel, berdasarkan pada Tabel 2, piksel yang merupakan bagian dari wilayah *vessel* ditandai dengan $\lambda_1 \approx 0$ dan $\lambda_2 \gg \lambda_1$. Syarat tersebut dirumuskan oleh fitur *blobness measure* yaitu $Rb = (\lambda_1 / \lambda_2)^2$, Sedangkan $S = \|\mathcal{H}\|_F = (\lambda_2 + \lambda_1)^2$ merupakan “*second order structureness*”. Nilai *S* akan rendah jika *background* tidak ada struktur. Pada bagian dengan kontras yang tinggi nilai *norm* akan semakin besar karena salah satu nilai *eigen* akan membesar. Fitur dari *Rb* dan *S* dipetakan oleh *vesselness measure* persamaan (2.11) (Frangi *et al.* 1998).

Pada persamaan 2.11 β dan c adalah nilai *threshold* yang mengontrol sensitivitas dari filter garis matriks Hessian. Respon filter garis tersebut akan maksimum pada skala yang cocok dengan ferning aslinya. Hasil *thresholding* dianalisis pada skala s yang berbeda-beda seperti pada Persamaan (2.12) (Frangi 1998).

Segmentasi menggunakan matriks Hessian banyak dilakukan di bidang medis seperti deteksi pembuluh darah (Salem *et al.* 2007), deteksi saluran pernapasan (Rudzki 2009) dan organ dalam tubuh lainnya yang membentuk saluran. Pada bidang biologi tanaman, McCarthy *et al.* (2009) menggunakan matriks Hessian untuk mendeteksi percabangan dari batang utama tanaman, kemudian Mohammed *et al.* (2013) menggabungkan matriks Hessian dan *Hough Transform* untuk segmentasi batang tanaman. Dengan menganalisis nilai *eigen*

dari matriks Hessian, dapat dideteksi struktur saluran, bidang datar dan gelembung baik pada citra 2D maupun 3D.

2.8 *Roadmap Penelitian Selanjutnya*

Bidang penelitian ini ke depan akan mempunyai beberapa roadmap tahapan pada penelitian-penelitian berikutnya, adapun tahapan-tahapan tersebut secara garis besarnya dapat dibagi atau dijelaskan sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil segmentasi terbaik pada obyek penelitian pola kristal *salivary ferning* sehingga mendapatkan nilai *accuracy*, *specivity* dan *sensitivity* yang tinggi.
2. Hasil segmentasi dari penelitian pertama (point 1) dapat dihitung jumlah piksel pola kristal *salivary ferning* dimana pola kristal *salivary ferning* dengan jumlah piksel terbanyak mempunyai korelasi penentuan masa ovulasi wanita.
3. Keluaran hasil penelitian kedua (point 2) pola kristal *salivary ferning* akan diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu: *No Ferning*, *Partial Ferning* dan *Full Ferning*.
4. Dari hasil penelitian ketiga (point 3) yang berupa proses klasifikasi dapat ditingkatkan prosesnya menjadi prediksi dengan penerapan metode data *mining* atau *decision tree*.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Melakukan proses segmentasi pola kristal air liur (*salivary ferning pattern*) pada wanita untuk memisahkan antara *background* dan *foreground* yang berupa pola kristal *fernning* dari air liur hasil *capture* dari Ovutest Scope. *Image* pola *salivary ferning* yang di-*capture* dari Ovutest Scope kemudian diproses secara *image processing* menggunakan metode segmentasi dan ekstraksi ciri untuk dikalkulasi jumlah piksel terbanyak pada pola *fernning*-nya. Identifikasi perbandingan gambar kristalisasi air liur dengan piksel hitam dan piksel putih yang didapat dari gambar biner setelah dilakukan pengolahan binerisasi dari gambar warna aslinya. Perangkat lunak perlu dirancang untuk mendapatkan gambar *threshold* dari gambar asli, pada makalah ini meningkatkan algoritma Otsu untuk memilih *threshold terbaik*.

Metode yang digunakan dalam proses segmentasi tersebut menggunakan harmonisasi *Frangi Filtering*, dimana metode tersebut belum pernah diterapkan pada penelitian-penelitian sebelumnya dengan obyek berupa *salivary ferning*. Luaran dari hasil penelitian ini yang pertama adalah terbentuknya *database* dari *image salivary ferning pattern* sebanyak 225 buah *image* dari siklus menstruasi bulanan tiga orang sukarelawan (*volunteer*) wanita selama tiga bulan berturut-turut menggunakan mikroskop *portable*.

Metode *Frangi Filtering* diharmonisasikan mulai dari tahapan *image pre-processing* sampai dengan *image post-processing*. Metode *Frangi Filtering* berbasis operasi Hessian matrik yang digunakan untuk mendeteksi serta menentukan bentuk garis dari pola kristal *salivary ferning*, apakah berbentuk *sheet-like*, *blob-like* atau *tubular*.

3.2 Manfaat Penelitian

Menghasilkan *dataset* berupa *image salivary ferning* sebanyak $3 \times 3 \times 25 = 225$ buah dari tiga orang wanita *volunteer* selama tiga bulan berturut-turut. *Dataset image salivary ferning* kemudian di segmentasi dalam bidang

image processing menggunakan Harmonisasi Frangi Filtering sehingga diharapkan menghasilkan tingkat akurasi, presisi, spesivisiti dan sensitiviti yang lebih tinggi daripada penelitian-penelitian yang ada saat ini serta menghasilkan segmentasi yang lebih baik serta lebih natural pada bentuk pola ferning dari air liur wanita sehingga pada penelitian selanjutnya dapat digunakan untuk mendeteksi masa ovulasi dari seorang wanita.

Pada saat masa ovulasi seorang wanita diketahui maka kontribusi utama yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah membantu pasangan suami istri atau tenaga medis untuk menentukan kapan waktu yang tepat dalam berhubungan suami-istri agar segera mendapatkan momongan atau sebaliknya digunakan oleh pasangan suami istri untuk menunda waktu kehamilan karena beberapa alasan, diantaranya: faktor karir, usia, kesehatan serta keluarga berencana secara alami. Roadmap untuk penelitian berikutnya dapat diterapkan pula pada hewan, terutama pada hewan-hewan yang dilindungi negara, hewan langkah atau untuk dibudidayakan atau dikembang-biakkan dengan hasil yang lebih cepat dan efisien.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Dalam bidang pengolahan citra biomedis, penelitian saat ini secara garis besar dilakukan pada dua pembahasan utama: pengambilan gambar (*image retrieval*) dan pengolahan gambar (*image processing*). Dalam pengembangan sistem pencitraan biomedis, gagasan pengambilan gambar sejalan dengan kebutuhan untuk pengolahan gambar digital yang terbagi dalam tiga area aplikasi utama, yaitu: restorasi citra, pengolahan data untuk persepsi mesin otomatis dan pengolahan gambar untuk perbaikan persepsi manusia misalnya perbandingan atau ekstraksi fitur.

4.1 Metodologi

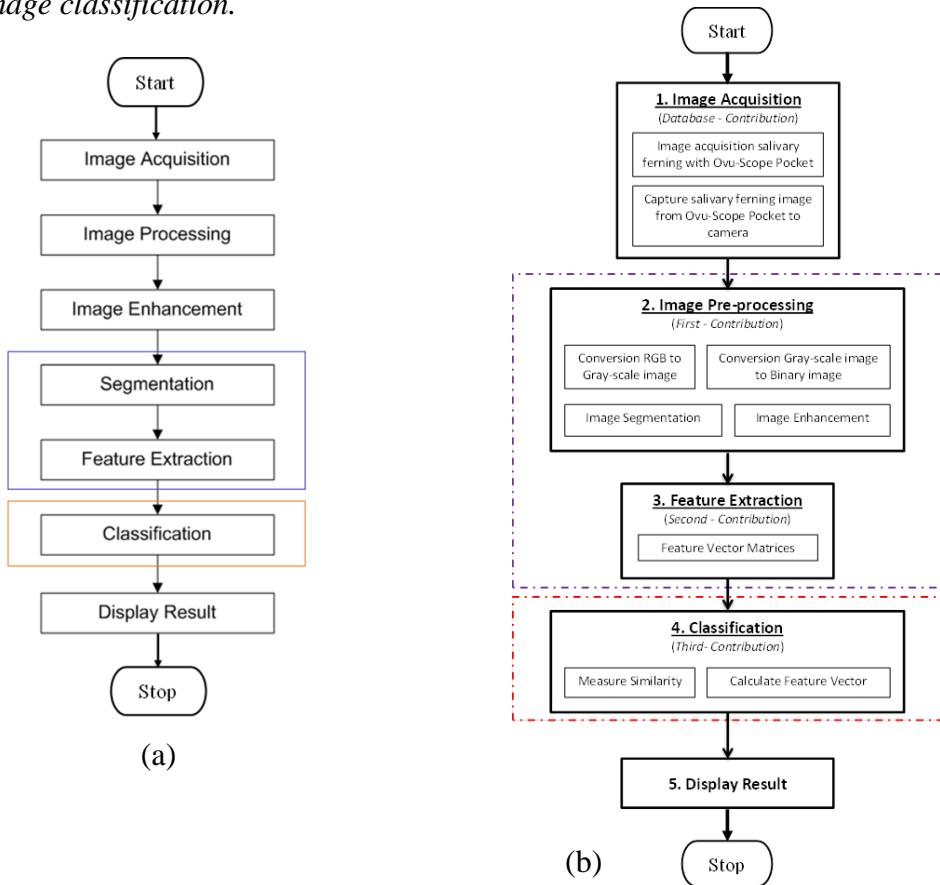
Berdasarkan pada latar belakang permasalahan, tujuan penelitian dan blok diagram yang tampak pada Gambar 4.1, berikut ini secara garis besar pembahasan metodologi umum yang digunakan dalam penelitian:

1. Secara komprehensif melakukan *literature review* yang berhubungan dengan *paper* dan jurnal penelitian - penelitian sebelumnya untuk mendapatkan keterbaruan informasi terkait dengan topik yang sejenis.
2. Mencari dan mendapatkan data siklus menstruasi dari 3 orang *volunteers* wanita dengan pemantauan selama 3 bulan berturut-turut, untuk memenuhi target pengambilan data salivary ferning baik secara kuantitas maupun kualitasnya maka diperlukan training awal bagi kesepuluh orang *volunteers* bagaimana cara mengoperasikan peralatan *Ovutest Scope* secara baik dan benar agar mempunyai standart yang sama. Dari semua data yang telah disimpan akan dikategorikan menjadi 3 kelompok, yaitu: *No Ferning*, *Partial Ferning* dan *Full Ferning*, tahapan ini merupakan tahapan yang cukup krusial karena hasil dari pengumpulan data ini mempengaruhi hasil akhir dari proses *segmentation*, *feature extraction*, *classification* dan *recognition system*.
3. Mengembangkan metode pada tahapan proses *image acquisition*, *image enhancement*, *image detection* untuk mendapatkan data yang paling baik sebagai masukan pada tahapan proses-proses berikutnya.

- Melakukan segmentasi pola garis kristal *salivary ferning* menggunakan metode Frangi *Filter* melalui pengoperasian Hessian Matrik.

4.2 Blok Diagram

Aplikasi identifikasi pola ferning pada saliva untuk mendeteksi dan memprediksi masa ovulasi pada wanita yang diusulkan pada penelitian ini menggunakan program Matlab. Proses pengolahan citra (*image processing*) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode dan algoritma seperti pada blok diagram pada Gambar 4.1, yang mempunyai 4 komponen utama, yaitu: membangun *database* salivary ferning, *image segmentation*, feature extraction dan *image classification*.



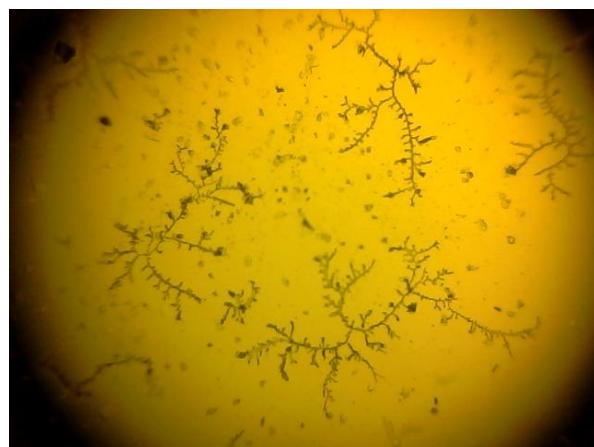
Gambar 4.1 Blok diagram sistem *salivary ferning*

4.3 Tahapan Proses *Image Segmentation*

Segmentasi dapat dilakukan dengan pendekatan *region merging* dan *splitting*, dalam deteksi tepi segmentasi citra dilakukan melalui identifikasi batas-

batas objek (*boundaries of object*). Batas merupakan lokasi dimana terjadi perubahan intensitas dalam pendekatan didasarkan pada wilayah, maka identifikasi dilakukan melalui wilayah yang terdapat dalam objek tersebut. Segmentasi berusaha memisahkan suatu citra ke dalam kelompok piksel-piksel homogen ke dalam satu himpunan yang sesuai dengan masing-masing kriterianya, tiap kelompok tersebut dinamakan dengan *segmen*.

Segmentasi citra ini adalah langkah pertama dan langkah yang menentukan pada saat proses komputasi untuk tahapan pengolahan citra selanjutnya. Segmentasi citra adalah sebuah metode untuk pengelompokan (*clustering*) pada sebuah citra, dimana citra akan dikelompokkan dalam wilayah-wilayah (*region*) yang mempunyai beberapa kesamaan fitur, diantaranya : pada tingkat keabuan (*gray scale*), tekstur (*texture*), warna (*color*) dan berdasarkan gerakan (*motion*).



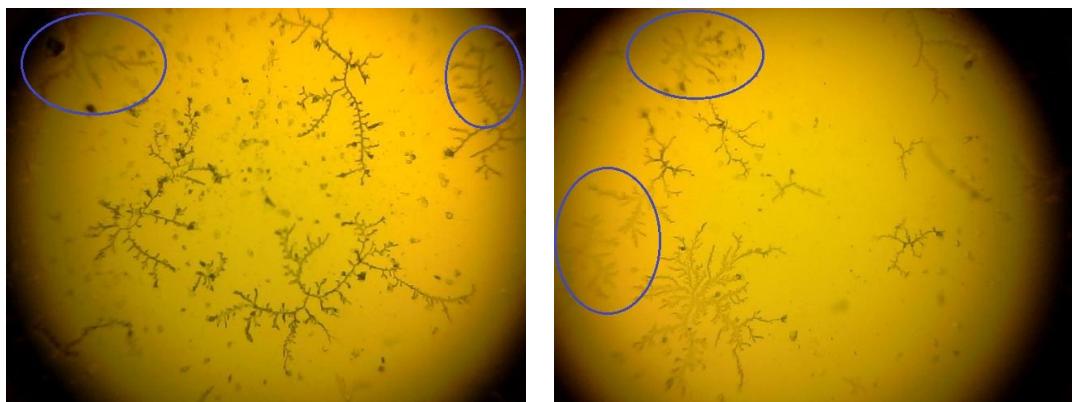
Gambar 4.2. Salah satu *image salivary ferning* yang dipilih

4.4 Temuan Kelemahan Penelitian Sebelumnya

Penelitian dengan obyek *salivary ferning* yang diproses secara *image processing* masih belum banyak dilakukan hal ini tampak dari masih sedikitnya hasil penelitian berupa jurnal yang linier dengan topik tersebut. Penelitian yang telah dilakukan oleh Hugh Melnick *et al*, 2014., Hazem M.Eissa *et al*, 2014 dan Wan-Lipeng *et al*, 2014 proses deteksi salivary ferning masih dilakukan secara manual dan semi-otomatis. Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hui-Ching Wu *et al*, 2015 mempunyai akurasi klasifikasi sebesar 84% dari 100 sample

saliva, berdasarkan pada penelitian WAN-Lipeng *et al*, 2014 menyatakan bahwa pola kristal dari image saliva mempunyai bentuk, pola dan susunan garis yang komplek karena pada *salivary ferning* mempunyai banyak lapisan-lapisan yang transparan dan beberapa garis ferningnya mempunyai pola yang terputus-putus.

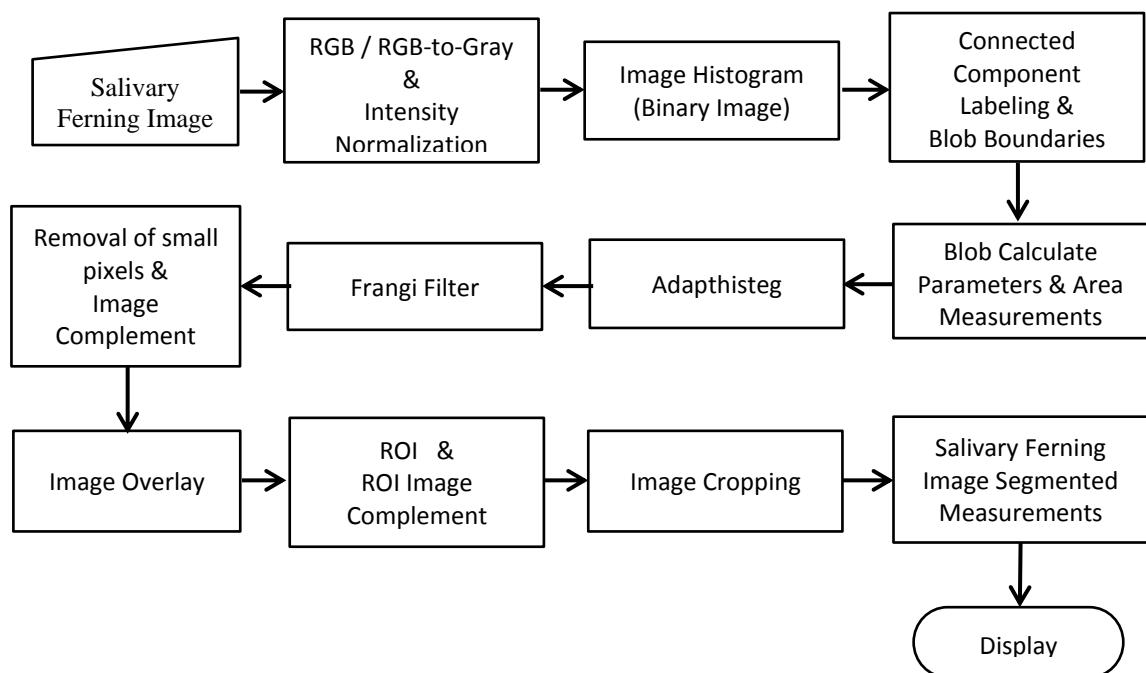
Penelitian Hui-Ching Wu *et al*, 2015 merupakan penelitian yang paling kuat dan paling linier dengan penelitian ini, metode yang digunakan metode Hough Tranform tetapi hasil segmentasinya masih kurang realistik dan alamiah dengan nilai akurasi 84%. Sedangkan penelitian terbaru dibidang *salivary ferning* diterapkan pada obyek hewan kerbau, orang utan dan air mata seekor anjing. Pada penelitian yang diusulkan ini diharapkan tampilan hasil proses segmentasinya lebih realistik dan alamiah sehingga hasil proses-proses komputasi pada tahapan berikutnya mempunyai nilai akurasi yang lebih baik atau tinggi dalam memprediksi masa ovulasi. Permasalahan utama dari segmentasi pola *fernning* ini, diantaranya dipengaruhi kondisi kesehatan fisik dan psikis *volunteer*, proses image *acquisition* harus pas serta adanya lapisan-lapisan yang terlihat transparan, berlapis yang mana lapisan bawah tidak setajam dan sejelas lapisan yang teratas serta garis pada *fernning* terputus, sebagaimana tampak pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Garis *fernning* yang transparan

Sedangkan tahapan-tahapan secara lengkap yang dilakukan pada penelitian ini tampak seperti pada Gambar 4.4. Penjelasan secara terperinci dari

blok diagram tersebut akan dibahas pada bab V sebagai laporan hasil tahapan yang telah dilakukan.



Gambar 4.4. Blok diagram proses segmentasi

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

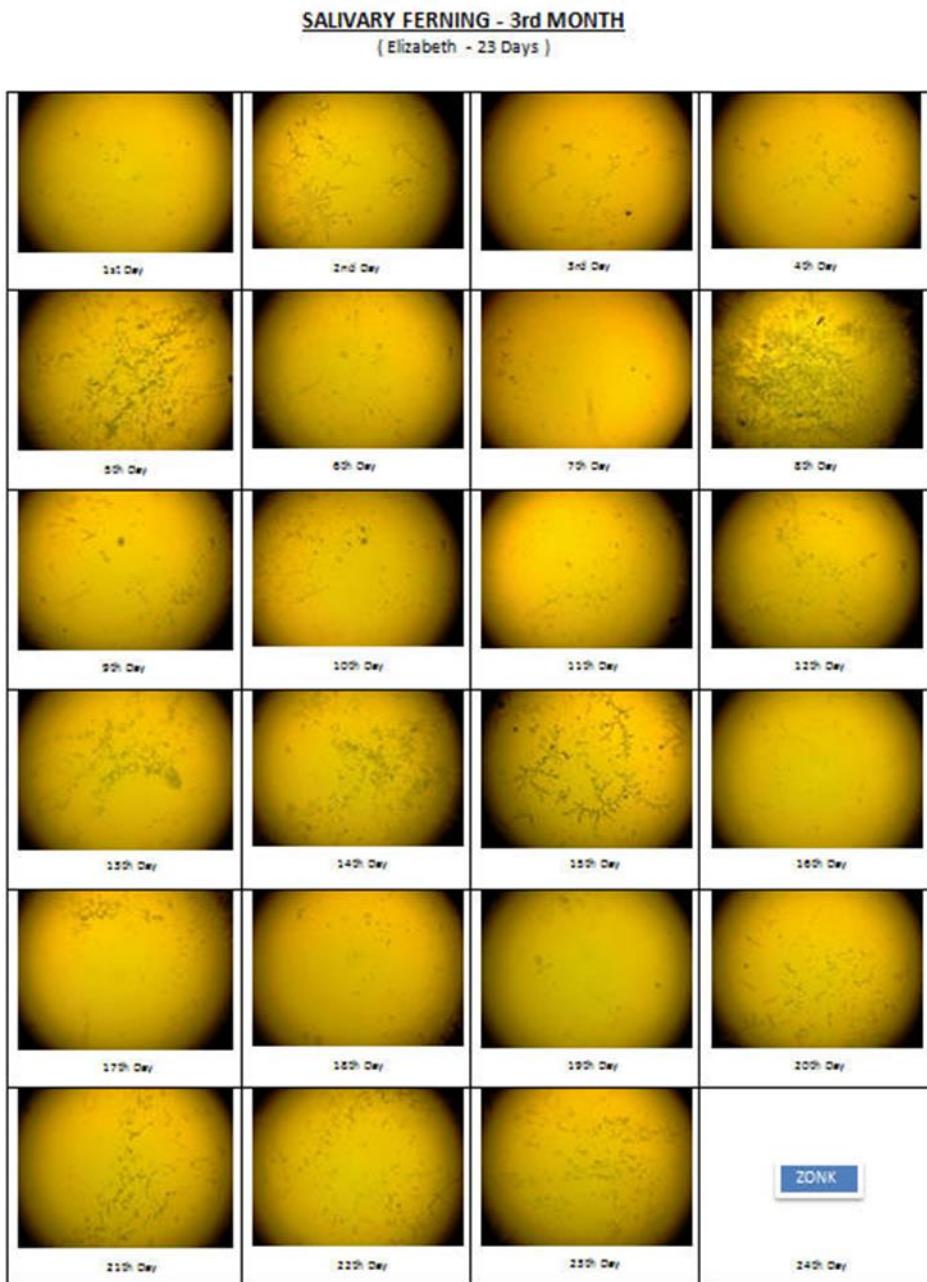
Sampai pada tahapan ini, hasil penelitian yang telah dicapai secara umum ada dua, yaitu: telah didapatkan atau dihasilkan *dataset* dari tiga orang *volunteer* wanita selama tiga bulan berturut-turut serta hasil perbandingan metode Harmonisasi Frangi Filtering terhadap beberapa metode segmentasi yang lain.

5.1 Dataset Image Acquisition

Pada tahap awal dilakukan pengambilan *image salivary ferning* sebagai kontribusi awal untuk membangun *database* dari tiga orang wanita dalam usia produktif (20 - 40 tahun) dengan persyaratan dalam keadaan sehat, tidak menggunakan kontrasepsi pil, tidak merokok serta tidak mengkonsumsi minuman beralkohol selama 3 bulan berturut-turut dengan rata-rata siklus menstruasi mereka selama 24 hari, sehingga terkumpul data sebanyak $24 \times 3 \times 3 = 216$ buah *image salivary ferning*.

Dalam rangka standarisasi kualitas pengambilan data *image ferning saliva*, maka setiap peserta mendapatkan pelatihan tata cara pengambilan data yang baik dan benar, diantaranya: data ferning saliva diambil setiap pagi hari setelah bangun tidur sebelum makan, minum dan gosok gigi dengan cara menempelkan beberapa saat kaca *mini-scope* diujung lidah, kemudian *mini-scope* didiamkan terlebih dulu minimal 5 - 10 menit agar saliva mengering diatas permukaan kaca *mini-scope* dan selanjutnya bisa dilakukan pengamatan. Salah satu contoh data yang telah diambil selama 1 bulan siklus menstruasi dari salah satu peserta tampak seperti pada Gambar 5.2.

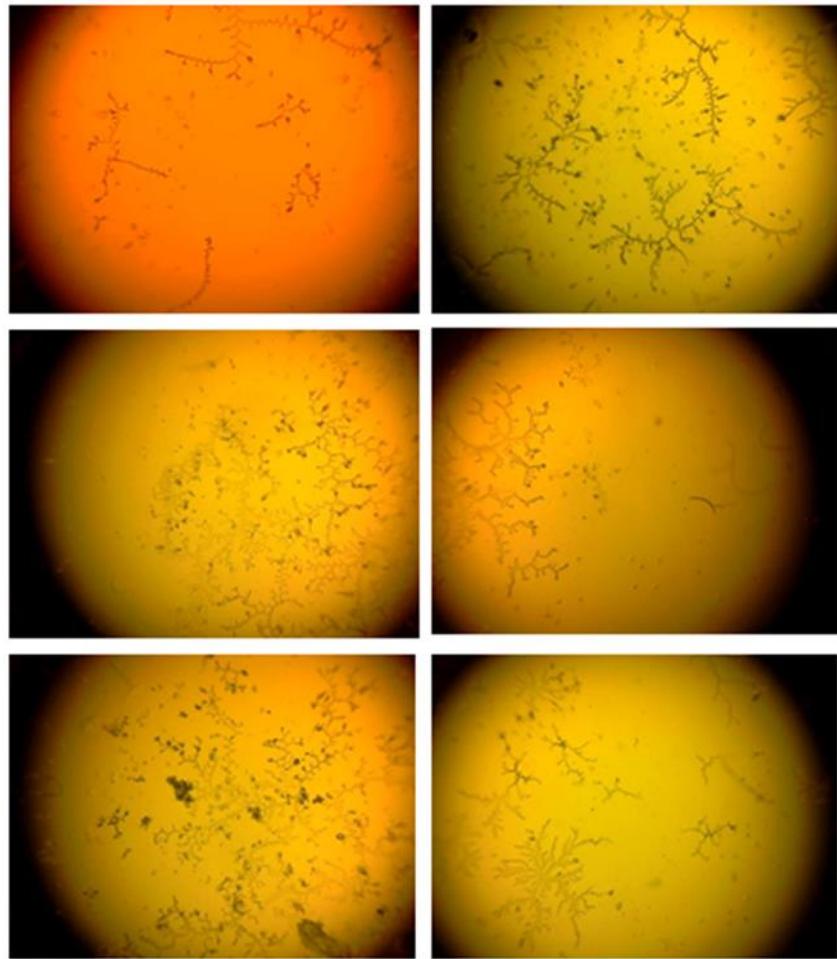
Pada Gambar 5.3 merupakan beberapa bentuk tampilan *salivary ferning* yang diprediksi dalam kondisi *Full Ferning* karena pola bentuk ikatan kristal dari *fern* yang rapat sehingga menyerupai bentuk dari daun pohon pakis (*fern*). Jika Gambar 5.3 adalah benar Full Ferning terlebih gambar tersebut tampak di pertengahan bulan siklus menstruasi berdasarkan pada perhitungan menggunakan sistem kalender maka dapat diprediksi menjadi masa ovulasi bagi wanita, artinya pada saat itu keluarnya sel telur yang sudah matang dan siap untuk dibuahi.



@ Heri Pratikno - Nop_2017

Gambar 5.2 Contoh data *salivary ferning* dari salah satu *voulunteer*

Hasil dan bentuk tampilan *dataset* dari tiga orang *volunteer* wanita selama tiga bulan berturut-turut yang telah diperoleh akan disertakan pada lembar lampiran pada laporan kemajuan penelitian ini. Rata-rata siklus menstruasi para *volunteer* pada tiap bulannya tidak sama, hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya: faktor kesehatan, stress, kecapekan, polusi dan sebagainya.



Gambar 5.3 Beberapa contoh gambar *Full Ferning*

5.2 Konversi Ruang Warna RGB ke *Gray*

Proses *pre-processing* dilakukan melalui proses konversi *image salivary ferning* dari ruang warna RGB ke *Gray* bisa dilakukan melalui dua cara, yaitu metode pertama, menggunakan persentase komposisi *color channels* dari ruang warna RGB pada penelitian ini untuk menghasilkan hasil segmentasi *salivary ferning* yang transparan (layer kedua dan seterusnya) komposisi terbaik dari ruang warna RGB menjadi *Gray* adalah 29.89 % *color channels Red*, 58.7 % *color channels Green* dan 7,22 % *color channels Blue*.

Metode kedua menggunakan fungsi *rgb2gray* dari Matlab yang selanjutnya dilanjutkan dengan proses normalisasi intensitas nilai piksel pada range [0 1] untuk mengurangi perbedaan iluminasi dari *image* yang kurang kontras atau silau. Normalisasi intensitas disebut juga dengan istilah *contrast*

stretching atau histogram *stretching*, transformasi normalisasi nilai intensitas n-dimensi *image grayscale* dalam *range* (Min, Max), $I : \{X \subseteq R^n\} \rightarrow \{\text{Min}, \dots, \text{Max}\}$ menjadi *image* baru $I_N : \{X \subseteq R^n\} \rightarrow \{\text{newMin}, \dots, \text{newMax}\}$ dengan nilai *range* intensitas (newMin, newMax). Rumus normalisasi linier dari sebuah *image digital* adalah:

Sebagai contoh intensitas dari sebuah *image* mempunyai *range* antara 40 sampai dengan 180 kemudian diharapkan intensitas dari *image* tersebut menjadi *range* antara 0 sampai dengan 255, maka prosesnya dilakukan pengurangan 40 dari setiap intensitas piksel maka akan mempunyai *range* antara 0 sampai dengan 140. Kemudian intensitas tiap piksel dikalikan dengan $255/140$ sehingga memiliki *range* antara 0 sampai dengan 255. Pada kasus penelitian ini dengan $\text{Min} = 0$ dan $\text{Max} = 255$, maka:

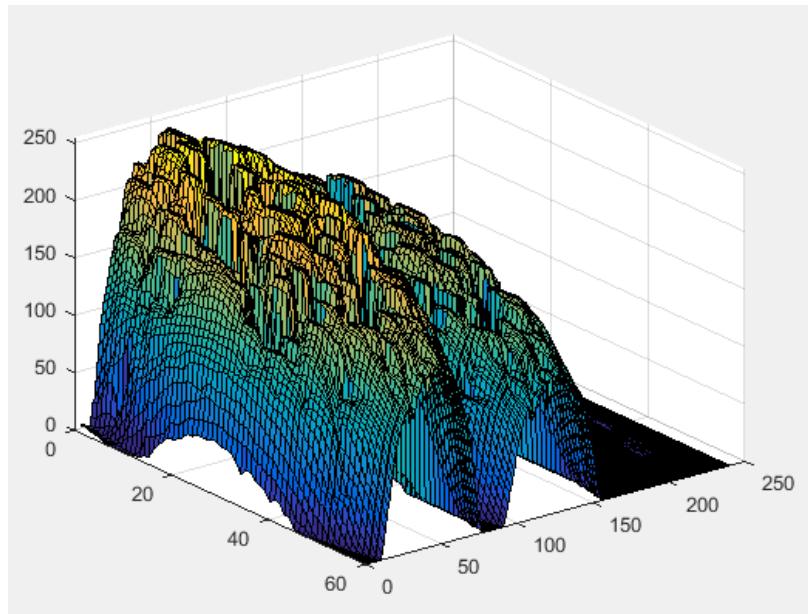
$$I_N = (I - \text{Min}) \frac{255}{\text{Max} - \text{Min}} \quad \dots \dots \dots \quad (5.2)$$



Gambar 5.4. RGB to Gray conversion

5.3 Tekstur

Tekstur merupakan karakteristik intrinsik dari suatu citra yang terkait dengan tingkat kekasaran (*roughness*), granularitas (*granulation*) dan keteraturan (*regularity*) susunan struktural piksel. Tekstur biasa dikenal sebagai kunci untuk memvisualisasikan persepsi atau cara pandang seseorang dan peraturan yang sangat penting pada pekerjaan komputer visi. Analisa tekstur lazim dimanfaatkan sebagai proses antara untuk melakukan klasifikasi dan interpretasi citra. Suatu proses klasifikasi citra berbasis analisis tekstur pada umumnya membutuhkan ekstraksi ciri, yang dapat terbagi dalam empat macam metode yaitu: statistikal, geometri, *model-based*, *signal processing*. Secara umum, analisis tesktur dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan struktural dan statistikal.

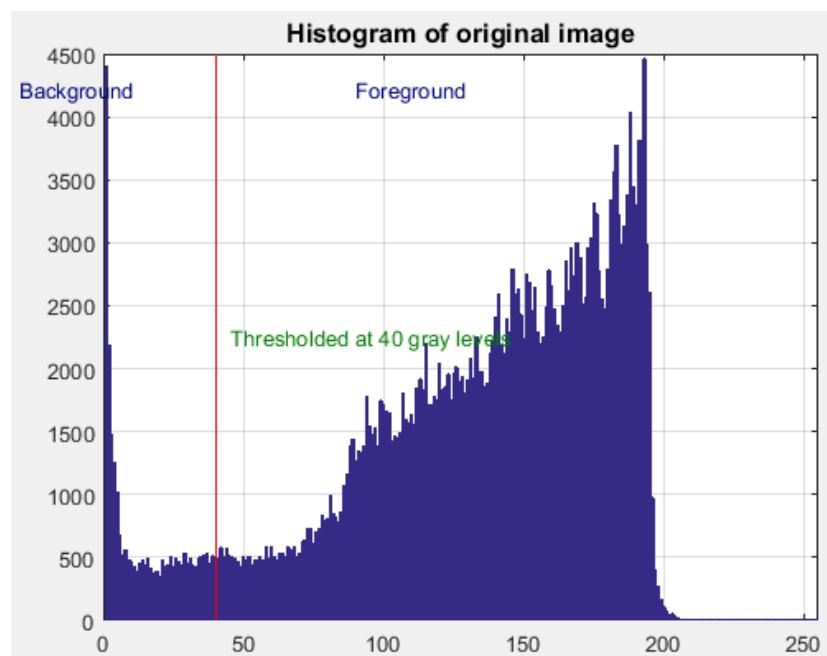


Gambar 5.5. Tampilan bentuk permukaan dari *background*

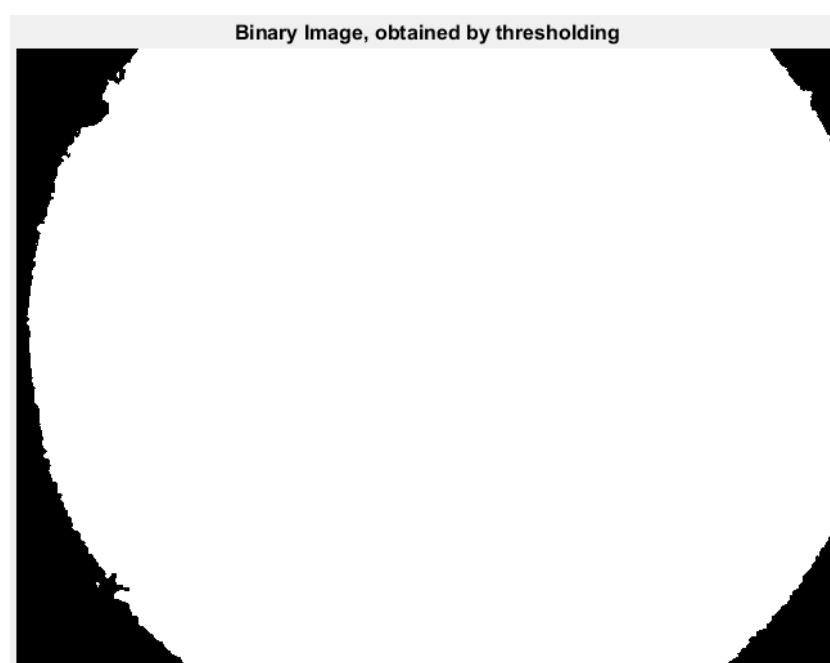
5.4 *Threshold*

Berdasarkan bentuk dan ukuran dari semua *database image salivary ferning* maka operasi secara *logical* untuk mendapatkan sebuah *binary image* (0 dan 1) pada penelitian ini besaran angka *threshold*-nya disetting 40. Hasil dari *threshold* tersebut maka dalam *image* bisa dipisahkan antara *foreground* dan *background* sebagaimana tampak pada Gambar 5.6, untuk mendapatkan obyek yang terang (mendekati nilai 1, warna putih) maka yang dipilih adalah area obyek

yang mempunyai nilai lebih besar daripada nilai *threshold* ($> threshold$), sebagaimana pada Gambar 5.7 begitu juga untuk proses kebalikannya, apabila ingin mendapatkan area obyek yang lebih gelap (warna hitam, mendekati 0) maka diperlukan pemilihan nilai yang lebih kecil dari nilai *threshold* ($< threshold$).

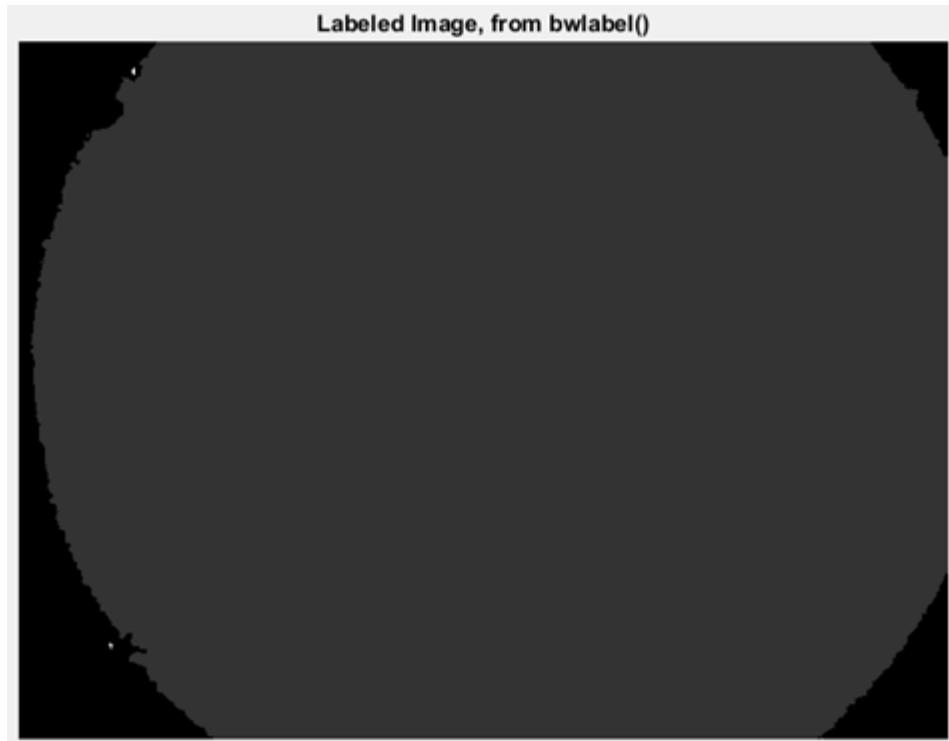


Gambar 5.6 Histogram *salivary ferning image*

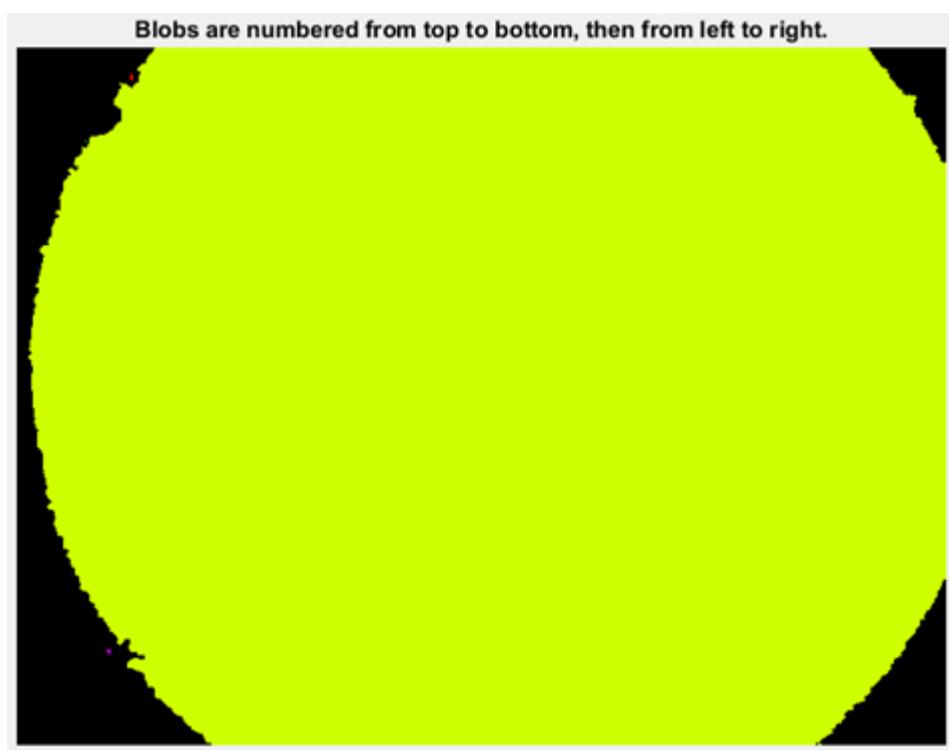


Gambar 5.7 *Binary image* dari *thresholding*

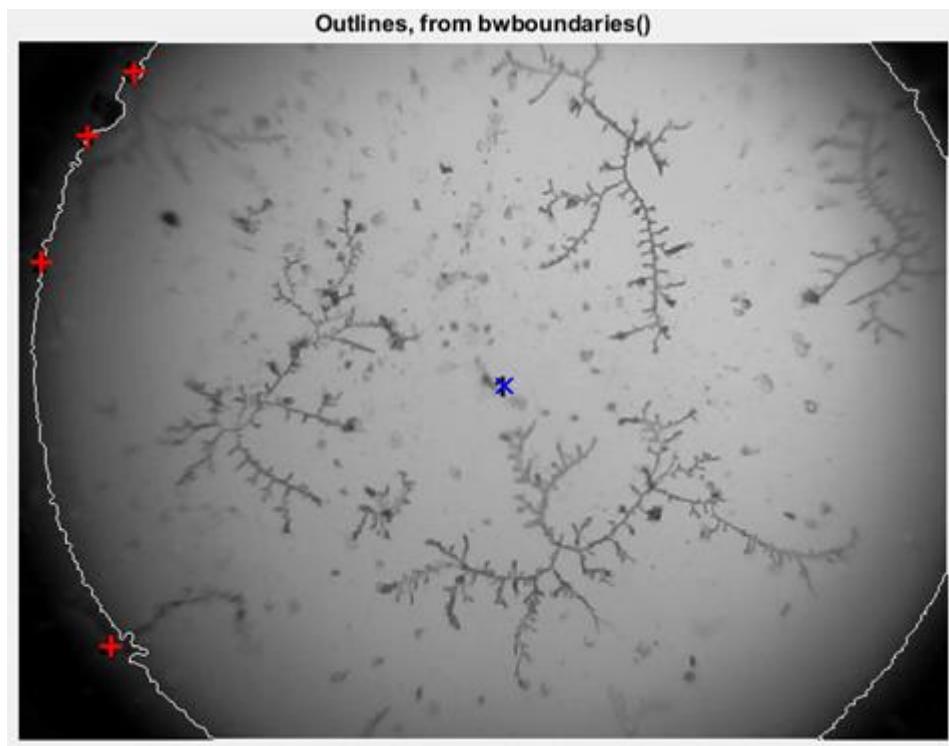
5.5 *Blob Boundaries*



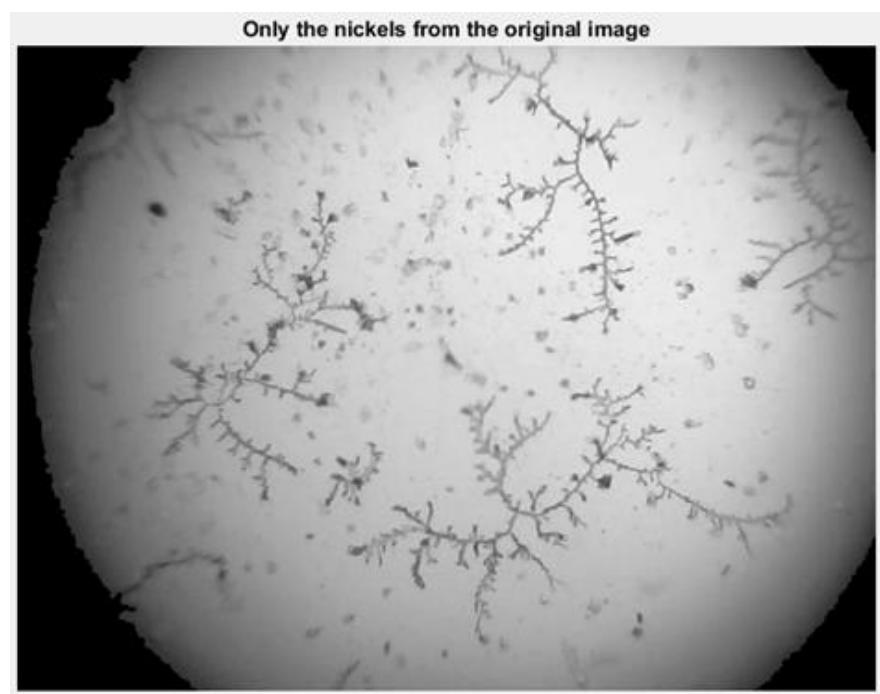
Gambar 5.8. *Labeled image* dari *Blob Boundaries*



Gambar 5.9. Nomer *Blob* yang paling besar

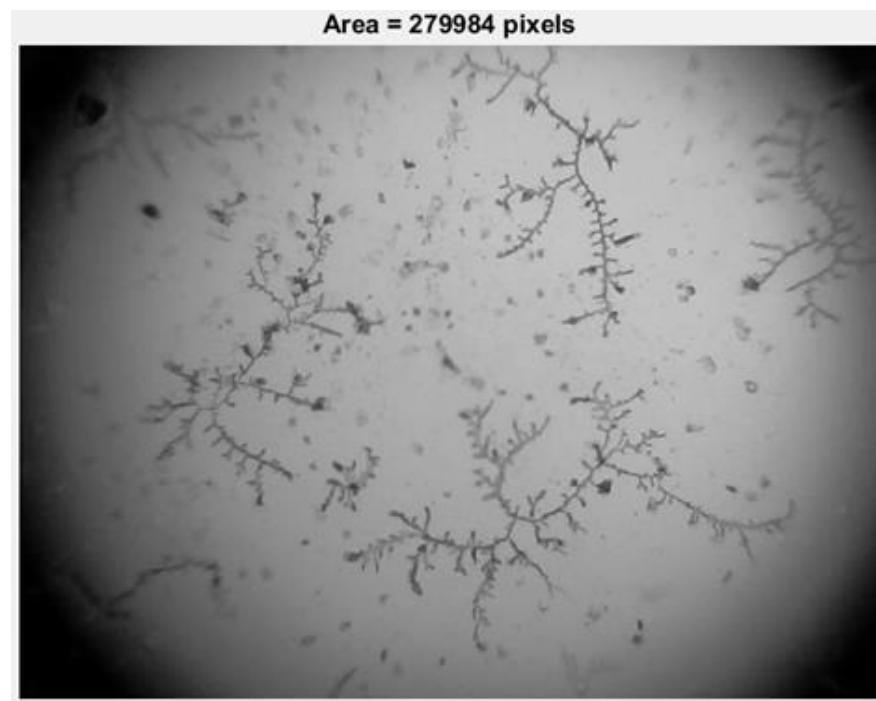


Gambar 5.10. Batas tepi luar dari *Blob Boundaries*



Gambar 5.11. Hasil *capture Blob Boundaries*

5.6 Kalkulasi Area *Blob*

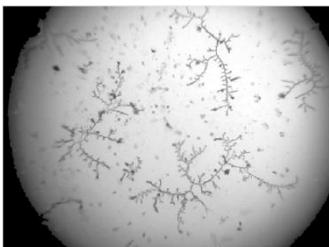
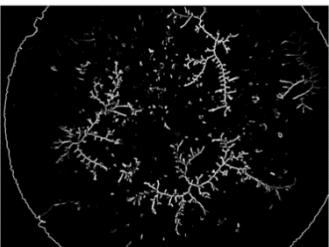
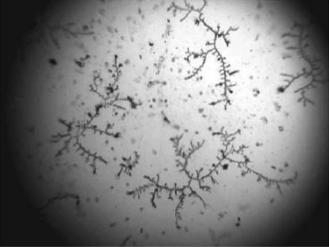
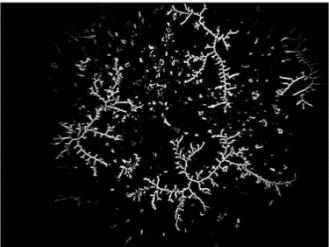
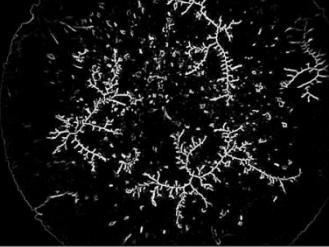


Gambar 5.12. Kalkulasi jumlah piksel pada area *salivary ferning*

Tabel 5.1. Hasil pengukuran area dari *image saliva*

Blob #	mean Intensity	Area	Perimeter	Centroid		Diameter
# 1	140.8	279984	2096.3	334.9	236.6	597.1
# 2	41	1	0	16	152	1.1
# 3	41	1	0	48	65	1.1
# 4	41.6	7	7.7	63.9	416.1	3
# 5	42	8	8.3	79.6	21	3.2

Tabel 5.2. Hasil perbandingan dari tiga metode *thresholding*

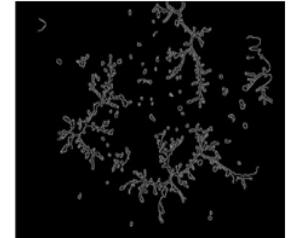
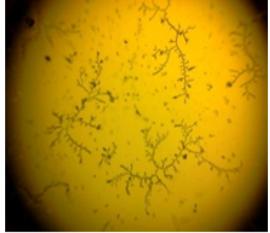
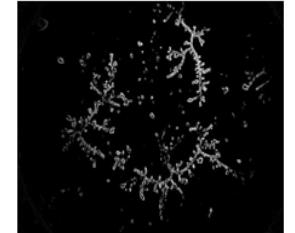
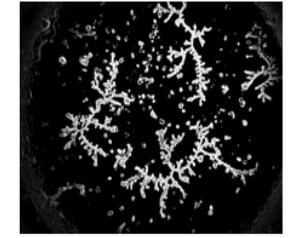
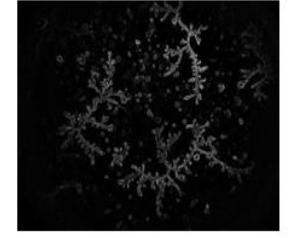
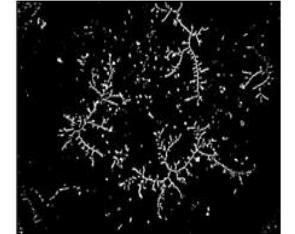
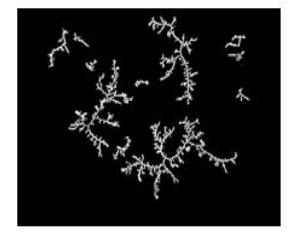
No	Thresholding Method	Frangi Filter	Area and Parameter
1			
2			Mean Intensity =140.8 Area = 279.984 Perimeter = 2096.3 Centroid = 236 Diameter = 597.1
3			

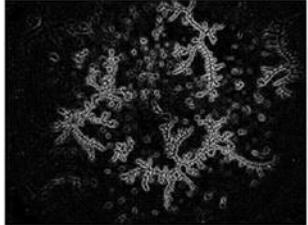
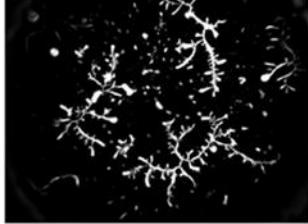
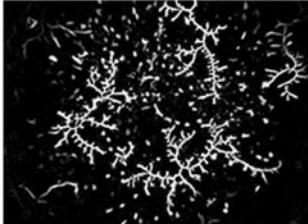
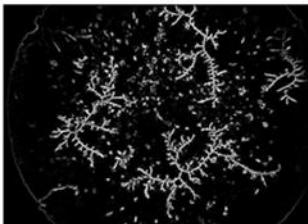
5.7 Harmony Enhanced Frangi Filter

Pada penelitian ini mengusulkan sebuah metode dengan nama *Harmony Enhanced Frangi Filter* yang merupakan pengembangan dari metode *Frangi Filter* yang diperkenalkan oleh Marc Schrijver pada tahun 2001, diperbaiki oleh D. Kroon dari University of Twente pada tahun 2009, kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh T. Jerman dari University of Ljubljana pada tahun 2014. *Frangi Filter* pada penelitian-penelitian tersebut diatas atau sebelumnya digunakan untuk mendeteksi gangguan atau kelainan di *vessels* untuk *fundus image*. Sedangkan pada penelitian ini diterapkan pada segmentasi pola *salivary ferning* melalui

harmonisasi antara *pre-processing*, *Frangi Filter* dan *post-processing* untuk mendapatkan hasil yang diharapkan.

Tabel 5.3. Hasil perbandingan dari dua belas metode *filtering*

No	Input Gambar	Metode Filtering	Hasil Awal
1		Canny	
2		Robinson	
3		Kirsch	
4		Gradient	
5		Coye	
6		Extracted Largest Blob	

No	Input Gambar	Metode Filtering	Hasil Awal
7		Convolve	
8		Hill Shade	
9		Differentials Laplacian	
10		Frangi	
11		Tim Jerman Frangi	
12		Harmony Enhanced Frangi	

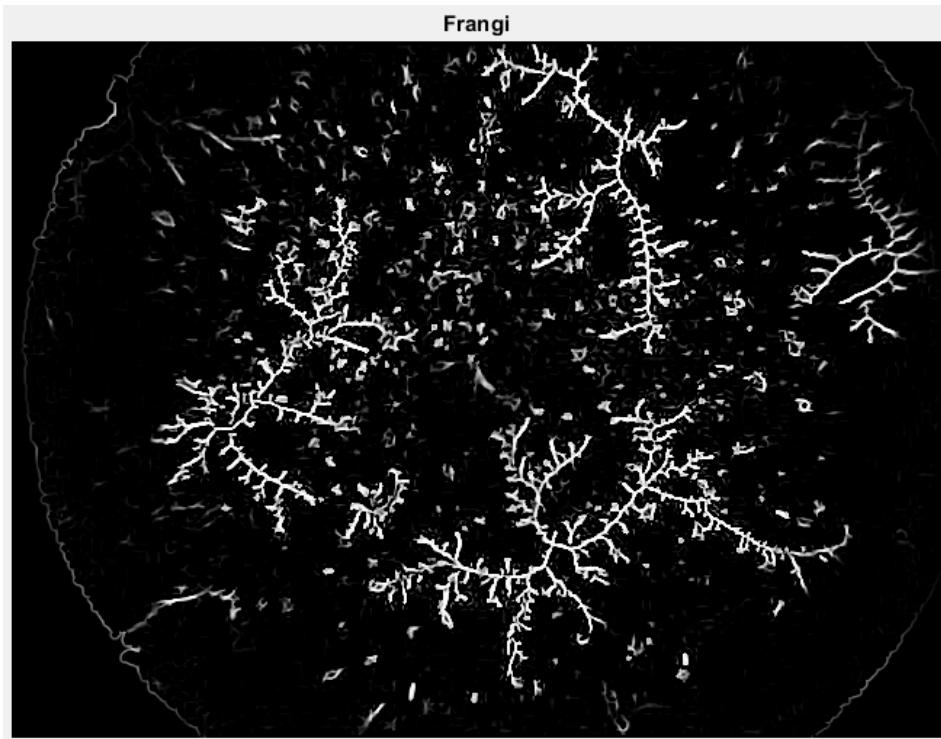
Harmonisasi dari metode tersebut digunakan untuk melakukan kalkulasi *vesselness probability map (local tubularity)* dari inputan *image 2D*. Pembahasan lebih dalam dari pengembangan *Frangi Filter* akan dibahas pada sub bab

berikutnya. Berikut ini *study literature* terkait dengan beberapa metode yang digunakan untuk melakukan proses awal komparasi *filtering* dan segmentasi dari pola *fernning saliva*.

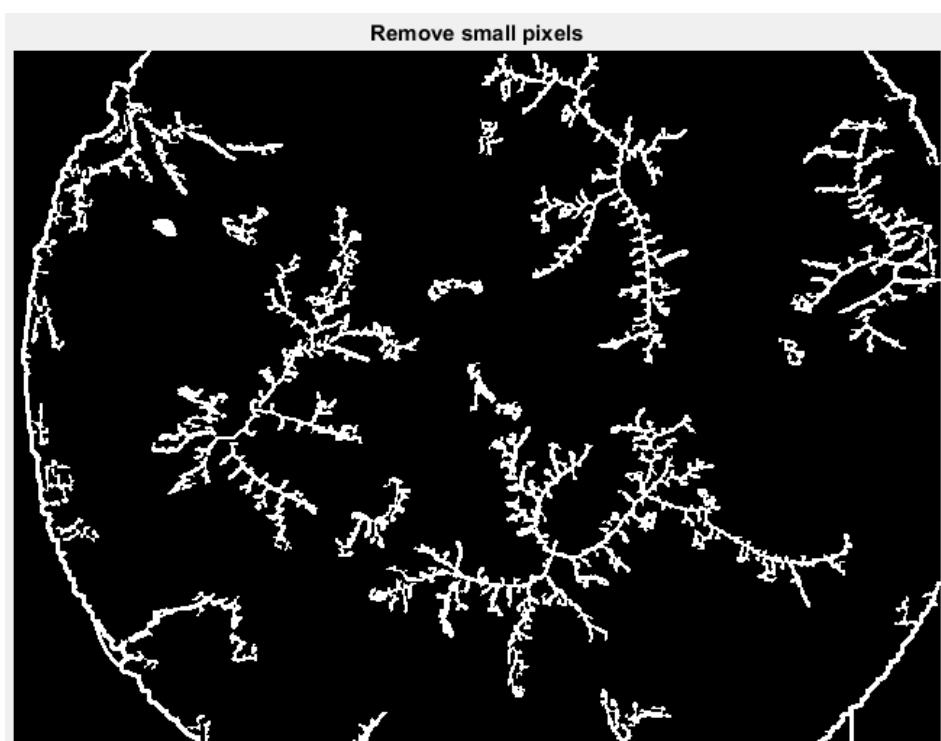
Tabel 5.4. Hasil perbandingan konfigurasi beberapa parameter dari Frangi Filter.

No.	Salivary Fernning	Frangi Filter Configuration
1		Scale range (sigma) = 1 Scale ratio = 1 Frangi beta 1 = 1 Frangi Beta 2 = 6.5
2		Scale range (sigma) = 2 Scale ratio = 1 Frangi beta 1 = 1 Frangi Beta 2 = 6.5
3		Scale range (sigma) = 4 Scale ratio = 1 Frangi beta 1 = 1 Frangi Beta 2 = 6.5
4		Scale range (sigma) = 8 Scale ratio = 1 Frangi beta 1 = 1 Frangi Beta 2 = 6.5

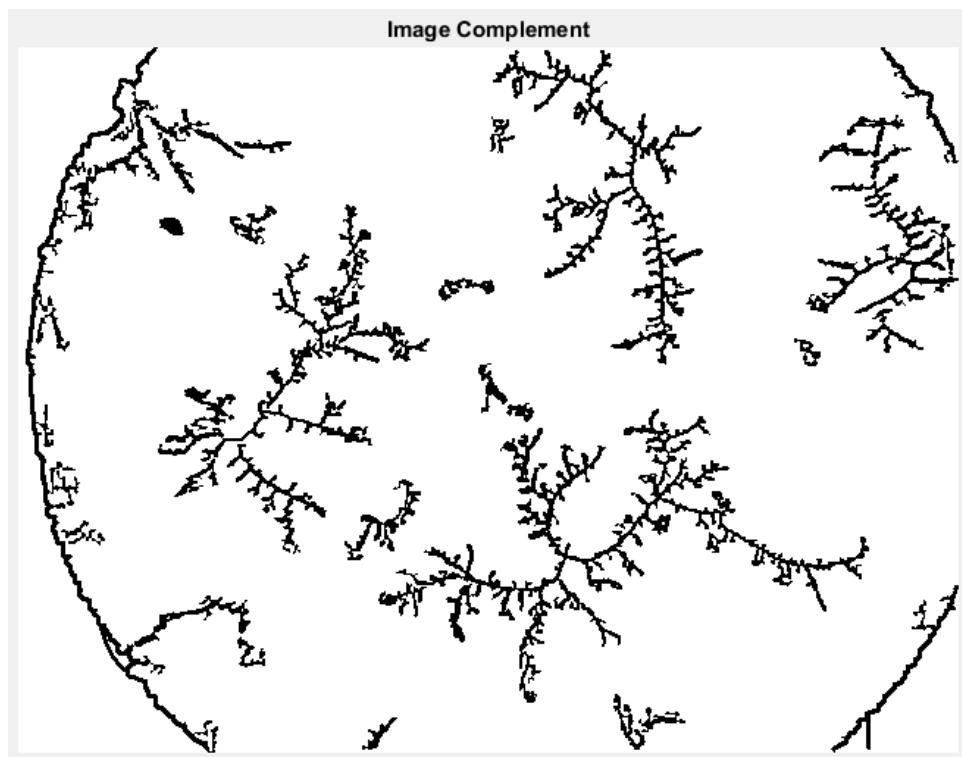
5.8 Segmentasi Akhir *Salivary Ferning* Menggunakan *Frangi Filter*



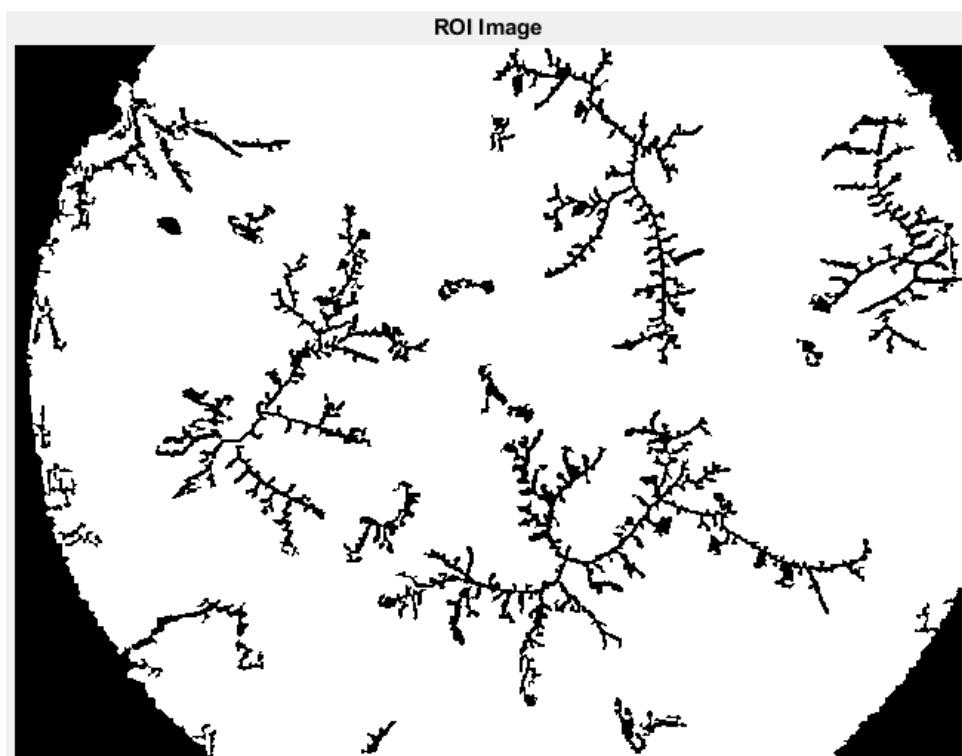
Gambar 5.13. Hasil komputasi menggunakan *Harmony Frangi Filter*



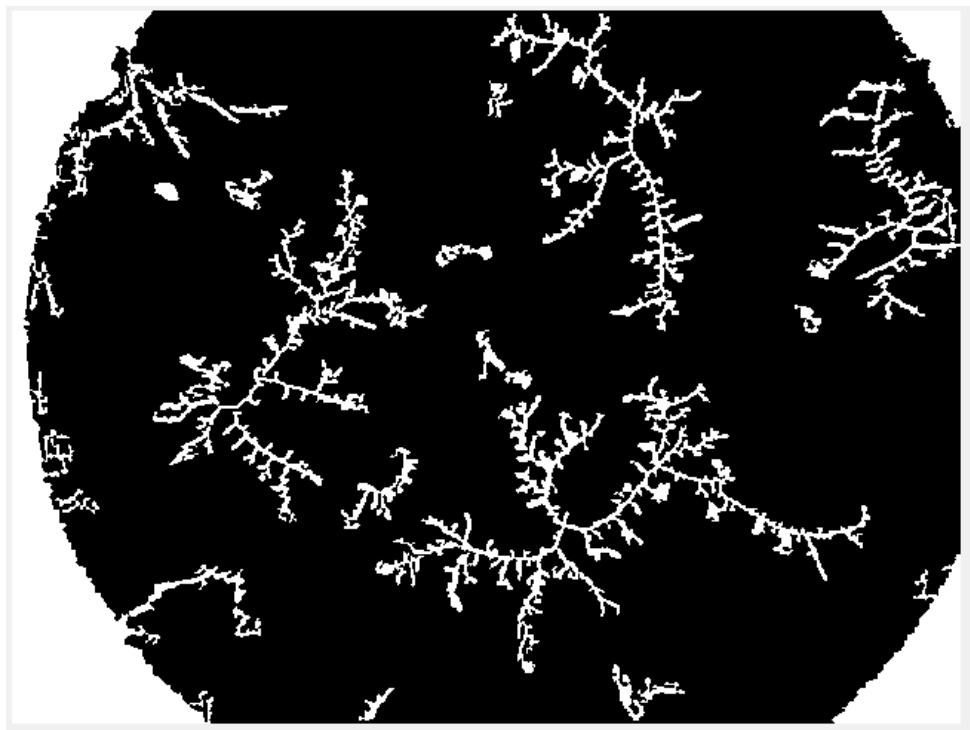
Gambar 5.14. Penentuan *Region of Interest*



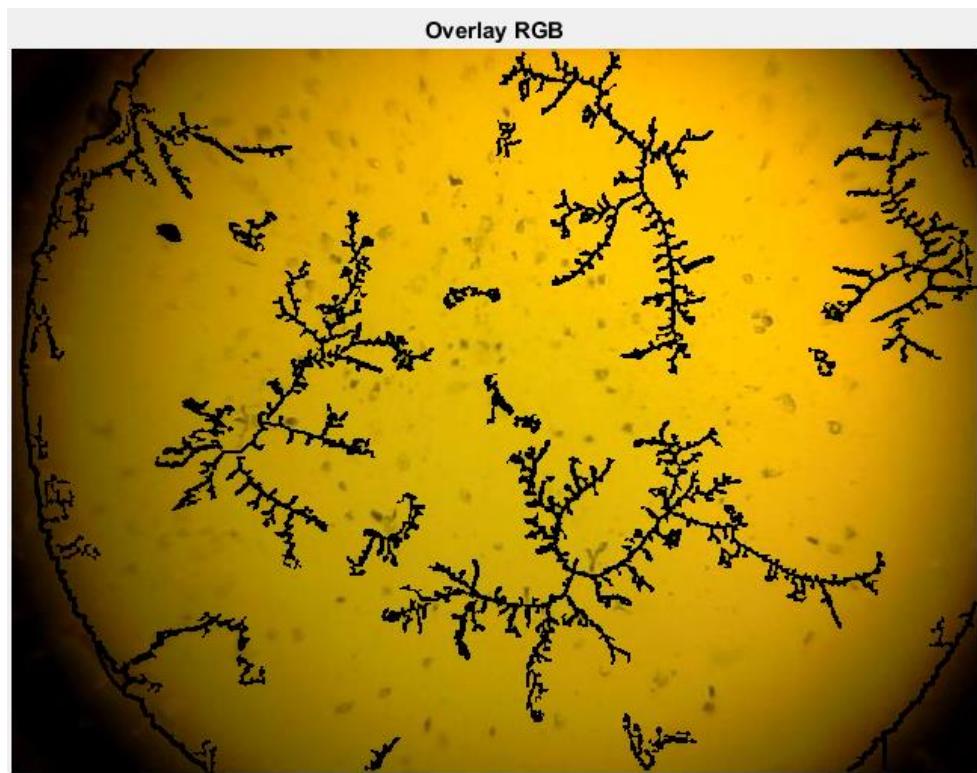
Gambar 5.15. Inversi *image ROI*



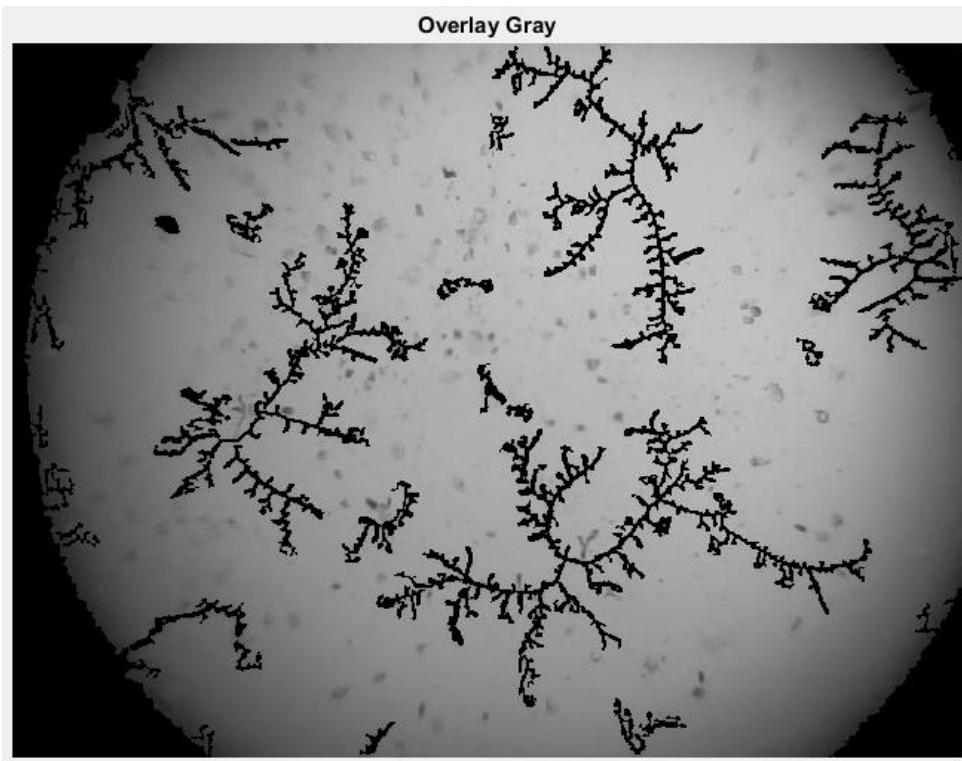
Gambar 5.16. Segmentasi *image ROI*



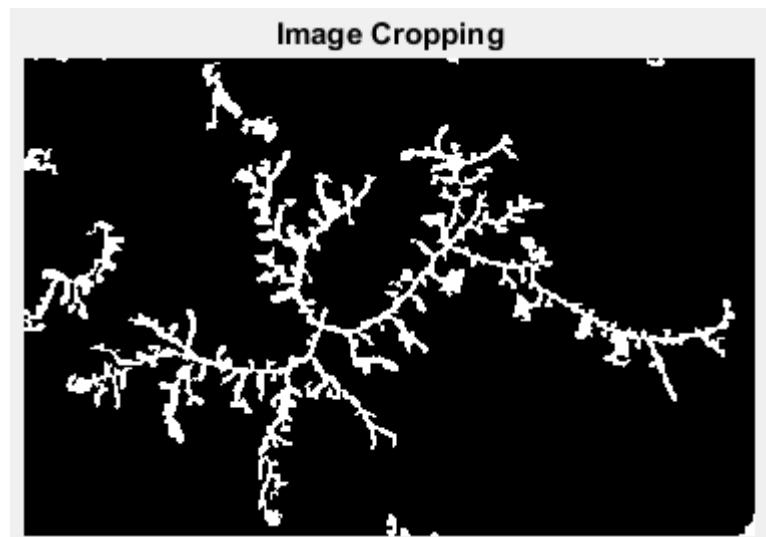
Gambar 5.17. Inversi segmentasi dari *image ROI*



Gambar 5.18. Overlay segmentasi *image ROI* ke *image asli RGB*



Gambar 5.19. *Overlay* segmentasi image ROI ke image asli Gray



Gambar 5.20. Hasil *Cropping* dari segmentasi image ROI

5.9 Metode Pengukuran Hasil Segmentasi

Setelah dilakukan pengumpulan *dataset salivary ferning* dari para *voulunteer*, selanjutnya dilakukan proses segmentasi menggunakan metode *Harmony Frangi Filter*, maka tahapan berikutnya dari penelitian adalah

melakukan proses pengukuran hasil kinerja dari segmentasi. Adapun parameter-parameter uji atau pengukuran yang dilakukan menggunakan metode: PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), RMSE (*Root Mean Squared Error*), FSIM (*Feature SIMilarity*) dan ROC (*Receiver Operating Characteristic*).

5.9.1 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Untuk mengukur kemiripan dua buah citra dapat dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Pada pengolahan citra, nilai maksimum sinyal merupakan nilai maksimal dari pixel pada citra dan derau merupakan perbedaan antara nilai pixel pada citra *ground truth* (GT) dengan citra aktual. Indikator untuk perbandingan nilai antar *pixel* tersebut dapat menggunakan parameter MSE (*Mean Square Error*), RMSE (*Root Mean Squared Error*) atau PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*). Pada MSE dan RMSE tidak memiliki satuan sedangkan PSNR mempunyai nilai antara 30 dan 50 dalam satuan *decibel* (dB), semakin mirip kedua image maka nilai MSE dan RMSE-nya semakin mendekati nilai 0 sedangkan pada PSNR dua buah image dikatakan memiliki tingkat kemiripan yang tinggi jika nilai PSNR diatas 40 dB.

Sebelum menghitung atau menentukan nilai PSNR maka nilai MSE harus ditentukan atau dihitung terlebih dulu. MSE adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra ground truth dengan citra aktual yang didefinisikan sebagai:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^{M-1} \sum_{y=1}^{N-1} \|GT(x,y) - A(x,y)\|^2 \quad \dots \quad (5.3)$$

atau

$$MSE = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (GT(x,y) - A(x,y))^2}{M \times N} \quad \dots \quad (5.4)$$

GT merepresentasikan data matrik dari *image* asli, *A* representasi dari data matrik *image* yang ditanyakan atau dicari, *M* merepresentasikan baris angka dari *pixel* dari *image* dan *x* merupakan representasi dari index dari baris tersebut. Sedangkan *n* adalah representasi dari angka-angka pada kolom dari *pixel* *image* dan *y*

merepresentasikan index dari kolom tersebut. Untuk menghitung nilai PSNR dari citra berukuran $M \times N$ digunakan persamaan (2.15), dimana C merupakan nilai perbedaan antara *foreground* dan *background* yang dalam citra biner bernilai 1.

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{C^2}{MSE} \right), \quad \text{atau} \quad \text{PSNR} = 20 \log_{10} \left(\frac{C}{\sqrt{MSE}} \right) \dots \dots \dots (5.5)$$

5.9.2 Feature SIMilarity (FSIM)

Image Quality Assessment (IQA) bertujuan untuk menggunakan model komputasi untuk mengukur kualitas gambar secara konsisten dengan evaluasi subjektif. Indeks struktural-similarity (SSIM) yang terkenal membawa IQA dari tahap berbasis piksel ke tahap berbasis struktur. Sebuah indeks kemiripan fitur (FSIM) baru untuk referensi penuh IQA diusulkan berdasarkan fakta berbasis pada sistem penglihatan manusia (HVS) dimana dalam memahami gambar terutama sesuai dengan fitur tingkat rendahnya. Secara khusus, fase kongruensi (PC – *Phase Congruency*), yang merupakan ukuran tak berdimensi dari signifikansi struktur lokal, digunakan sebagai fitur utama dalam FSIM.

Pada PC adalah kontras invariant, sedangkan informasi kontras mempengaruhi persepsi HVS tentang kualitas gambar, citra *gradient magnitude* (GM – *Gradient Magnitude*) digunakan sebagai fitur sekunder pada FSIM. PC dan GM memainkan peran dalam mengkarakterisasi kualitas gambar lokal. Setelah mendapatkan pemetaan kualitas lokal, PC digunakan kembali sebagai fungsi pembobotan untuk memperoleh skor kualitas tunggal. FSIM dapat mencapai konsistensi yang jauh lebih tinggi dengan evaluasi subjektif daripada metrik IOA yang terbaru.

Karena korteks visual manusia sensitif terhadap struktur kongruen fase [20], nilai PC di suatu lokasi dapat mencerminkan seberapa besar kemungkinan titik strukturnya yang signifikan. Secara intuitif, untuk lokasi tertentu x , jika ada yang memiliki $f_1(x)$ dan $f_2(x)$ memiliki nilai PC yang signifikan, ini berarti bahwa posisi x ini akan berdampak tinggi pada HVS dalam mengevaluasi kesamaan antara f_1 dan f_2 . Oleh karena itu, kita menggunakan $PC_m(x) = \max(1, PC_1(x), PC_2(x))$ untuk memberi bobot pentingnya $SL(x)$ dalam kesamaan keseluruhan antara f_1 dan f_2 , dan karenanya indeks FSIM antara f_1 dan f_2

didefinisikan seperti pada persamaan (2.16), dimana Ω berarti keseluruhan citra domain spasial.

$$\text{FSIM} = \frac{\sum_{x \in \Omega} S_L(x) \cdot PC_m(x)}{\sum_{x \in \Omega} PC_m(x)} \quad \dots \dots \dots \quad (5.6)$$

5.9.3 Receiver Operating Characteristic (ROC)

Kurva ROC pada awalnya dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaan musuh dalam medan perang oleh para insinyur elektro dan teknisi radar dalam perang dunia kedua. Saat ini kurva ROC dikembangkan dalam dunia radiologi, kedokteran, *machine learning* dan *data mining* (Fawcett, 2006). Kurva ROC mempunyai kemampuan evaluasi secara menyeluruh dan cukup baik sehingga banyak digunakan untuk mengevaluasi klasifikasi (Cheng, Shan, Ju, Guo, & Zhang, 2010). Accuracy (Acc), Sensitivity (Sn), Specificity (Sp) dan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) yang dikenal juga sebagai *Area Under Curve* (AUC) adalah empat parameter yang umum digunakan untuk membandingkan teknik performansi.

Masalah klasifikasi citra untuk memisahkan data citra aktual (A) dibagi menjadi dua kelompok, yaitu: kelompok pertama diberi label p dan kelompok kedua diberikan label n yang dipetakan dalam satu set elemen $\{ p, n \}$. Pasangan kelompok data A ini kemudian dipetakan ke suatu data prediksi berupa citra *ground truth* (GT) hasil klasifikasi. Untuk membedakan data klasifikasi A dengan data GT maka data GT diberikan label P untuk kelompok pertama dan label N untuk kelompok kedua. Pemetaan ini akan menghasilkan keluaran yang merupakan kombinasi kelompok data sebenarnya dan kelompok data prediksi yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) dan *False Negatine* (FN).

True Positive (TP) merupakan indikasi data P yang terpetakan dengan benar pada data p , *True Negative* (TN) merupakan data indikasi data N yang terpetakan dengan benar pada data n . *False Positive* (FP) merupakan data p yang terpetakan salah atau terpetakan pada data n , *False Negatine* (FN) merupakan data N yang terpetakan salah atau terpetakan pada data p . Keempat nilai dari

keadaan ini membentuk sebuah matrik bernama *confusion matrix* seperti terlihat pada Gambar 5.21.

		Aktual (\mathbb{A})	
		p	n
P	P	<i>True Positive</i> (TP)	<i>False Positive</i> (FP)
	N	<i>False Negative</i> (FN)	<i>True Negatif</i> (TN)

Gambar 5.21. *Confusion Matrix*

Berdasarkan *confusion Matrix* dapat dihitung beberapa parameter untuk menunjukkan kinerja, yaitu: akurasi menunjukkan keseluruhan kinerja segmentasi, *Sensitivity* (*True Positive Rate* - TPR) menunjukkan keefektifan dalam mendekripsi piksel dengan nilai positif, *Specitivity* (*False Positive Rate* - FPR) mengukur deteksi piksel dengan nilai negatif. *Dice Similarity Coefficient* atau *Dice Similarity Index* disebut juga dengan nama *F1 score* adalah statistik yang digunakan untuk membandingkan kesamaan dua *sample object* seberapa mirip *object*-nya. Dibandingkan dengan *Accuracy*, *Dice Coefisien* lebih sering digunakan untuk mengukur kinerja metode segmentasi citra dengan menghitung ukuran tumpang tindih kedua segmentasi dibagi dengan ukuran total dari dua *object*.

$$Accuracy (Acc) = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad \dots \dots \dots \quad (5.7)$$

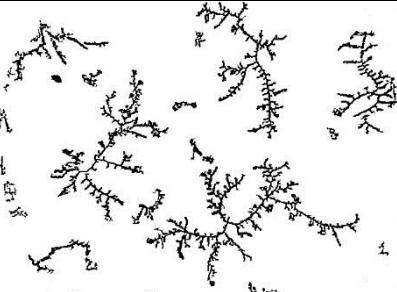
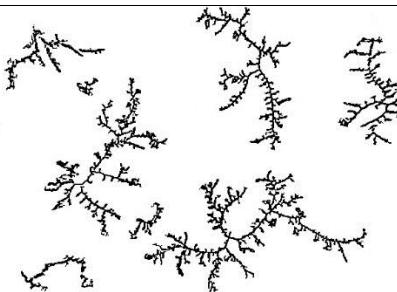
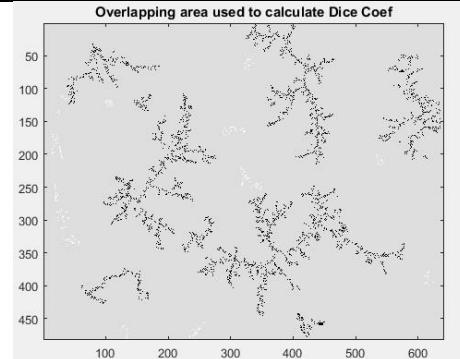
$$Area Under Curve (AUC) = \frac{Sn + Sp}{2} \quad \dots \dots \dots \quad (6.9)$$

$$Dice\ Similarity\ Coefficient\ (DSC) = \frac{2TP}{2TP + FP + FN} \quad \dots \quad (6.10)$$

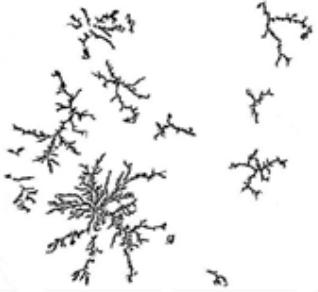
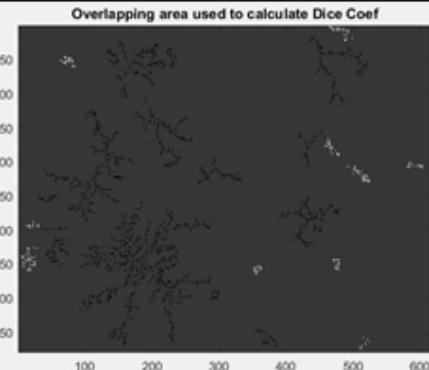
5.10 Pengukuran Kinerja Hasil Segmentasi

Hasil pengukuran kinerja dari proses segmentasi empat contoh *image salivary ferning* dengan menggunakan metode pengukuran: PSNR, FSIM dan DSC dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai dengan Tabel 5.8. Hasil pengukuran tersebut di dapat dengan cara melakukan proses komparasi nilai keseragaman *pixel* antara *segmented image* dan *ground truth image* yang mana hasil similarity-nya mempunyai kesamaan atau kemiripan diatas 90%.

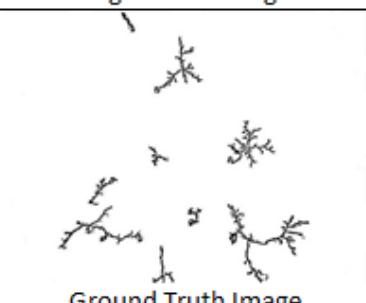
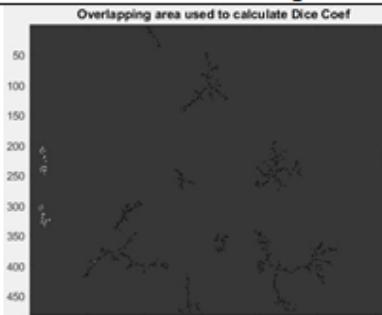
Tabel 5.5. Hasil pengukuran segmentasi *image salivary ferning* 1.

No	Image	PSNR	FSIM	DSC
1	 Segmented Image  Ground Truth Image  Overlapping area used to calculate Dice Coef	MSE = 2.20 PSNR = 44.7492285 dB	FSIM = 0.9511 (95.11 %)	FP = 667 TP = 301811 FN = 4 TN = 308295 FPRate = 0.0022 TPRate = 1.0000 Sensitivity = 99.9987 % Specificity = 99.7841 % Accuracy = 99.8901 %

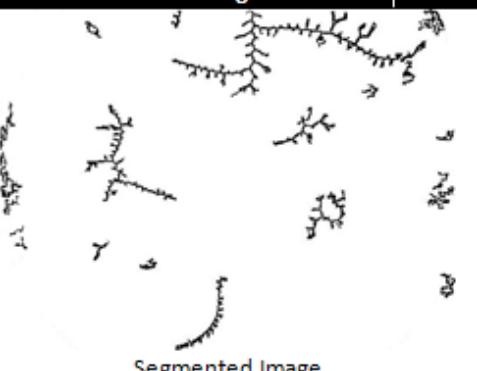
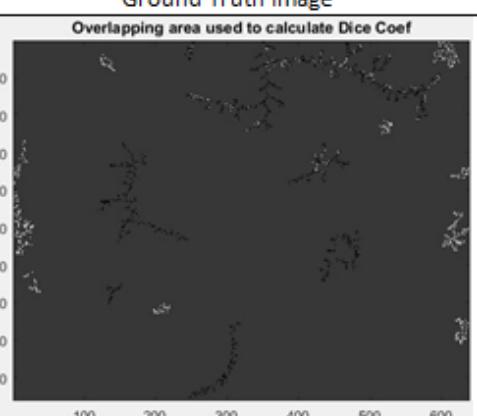
Tabel 5.6. Hasil pengukuran segmentasi *image salivary ferning* 2.

No	Image	PSNR	FSIM	DSC
2	 Segmented Image  Ground Truth Image  Overlapping area used to calculate Dice Coef	MSE = 1.97 PSNR = 45.2109440 dB	FSIM = 0.9586 (95.86 %)	FP = 1491 TP = 872313 FN = 3 TN = 887397 FPRate = 0.0017 TPRate = 1.0000 Sensitivity = 99.9997 % Specificity = 99.8323 % Accuracy = 99.9152 %

Tabel 5.7. Hasil pengukuran segmentasi *image salivary ferning* 3.

No	Image	PSNR	FSIM	DSC
3	 Segmented Image  Ground Truth Image  Overlapping area used to calculate Dice Coef	MSE = 1.41 PSNR = 46.6689528 dB	FSIM = 0.9681 (96.81 %)	FP = 984 TP = 916920 FN = 15 TN = 923478 FPRate = 0.0011 TPRate = 1.0000 Sensitivity = 99.9984 % Specificity = 99.8936 % Accuracy = 99.9457 %

Tabel 5.8. Hasil pengukuran segmentasi *image salivary ferning* 4.

No	Image	PSNR	FSIM	DSC
4	 Segmented Image  Ground Truth Image  Overlapping area used to calculate Dice Coef	MSE = 3.43 PSNR = 42.8096357 dB	FSIM = 0.9390 (93.90 %)	FP = 3627 TP = 910704 FN = 711 TN = 918450 FPRate = 0.0039 TPRate = 0.9992 Sensitivity = 99.9220 % Specificity = 99.6066 % Accuracy = 99.7634 %

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penjelasan Bab 1 sampai dengan Bab 5, maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait dengan hasil pencapaian pada pembuatan laporan akhir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat *database* yang berupa *dataset salivary ferning* dari tiga orang wanita *voulunteer* selama tiga bulan berturut-turut secara konsisten dengan rata-rata siklus menstruasi 24 hari maka diperoleh jumlah total data sebanyak $24 \times 3 \times 3 = 216$ *image salivary ferning*.
2. Telah dilakukan perbandingan tiga metode *thresholding*, yaitu: *Imadjust*, *Histeg* dan *Adapthisteg* serta telah dilakukan pula perbandingan dua belas macam metode *filtering* sebagaimana tercantum pada Tabel 5.3. Terbukti metode *Harmony Frangi Filtering* memberikan hasil segmentasi yang terbaik atau mendekati bentuk *fernning* aslinya.
3. Hasil pengukuran kinerja segmentasi mempunyai nilai rata-rata PSNR 44.7492285 dB, FSIM 95.11%, akurasi 99.8901%, sensitiviti 99.9987% dan spesivisiti 99.890%.

6.2 Saran

1. *Roadmap* penelitian berikutnya bisa dilakukan untuk menentukan masa ovulasi seorang wanita dengan menggunakan metode *data mining* atau *decision tree*. *Decision tree* merupakan sebuah teknik yang cukup *powerful* untuk proses prediksi dan klasifikasi sehingga manusia secara langsung dapat merealisasikannya dalam aplikasi.
2. Selain untuk mendeteksi masa ovulasi manusia, hasil penelitian ini dapat juga diterapkan pada hewan, terutama hewan yang dilindungi, langkah atau akan punah.

DAFTAR PUSTAKA

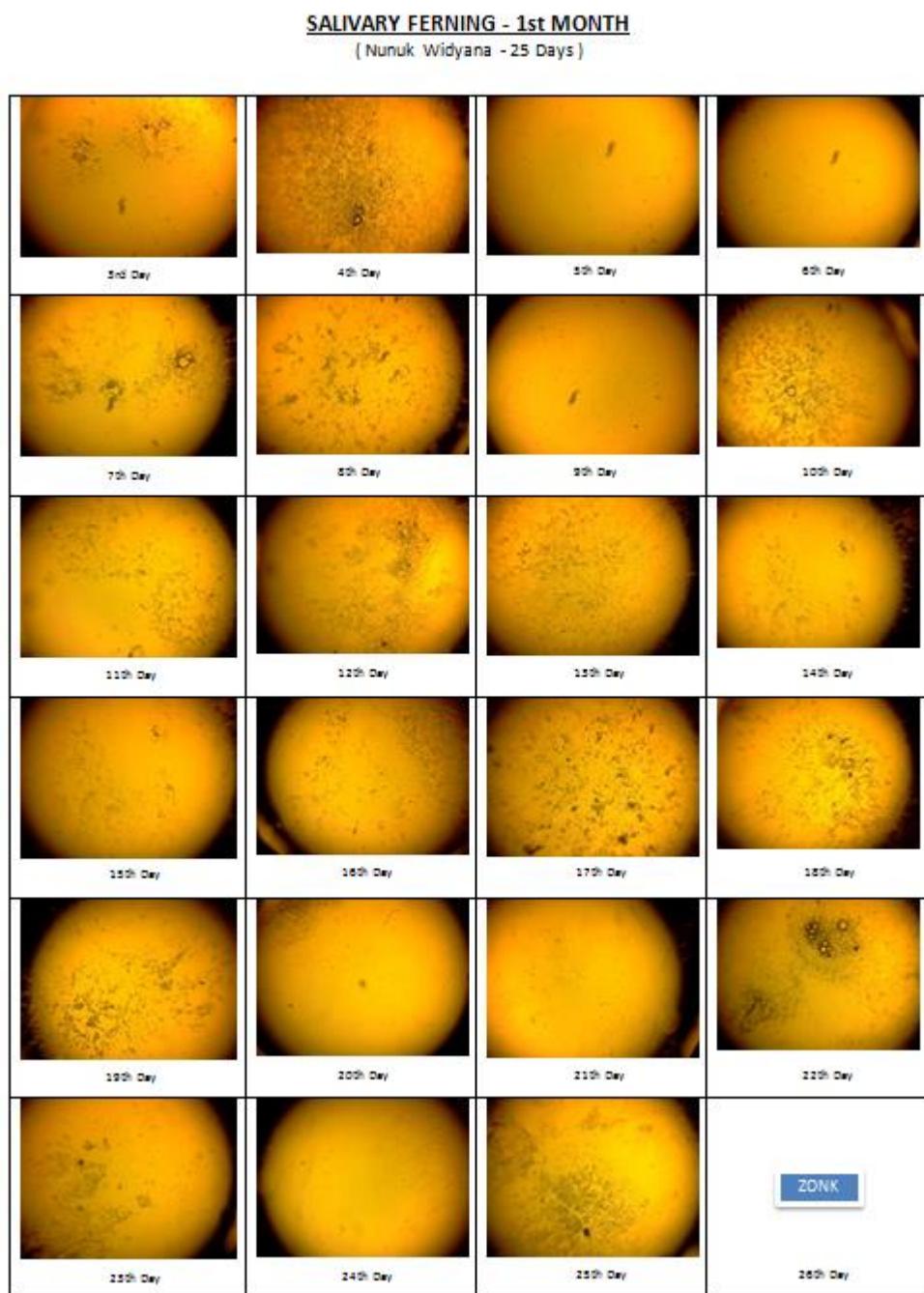
1. Joseph B. Stanford, MD, MSPH., George L.W.Jr, PhD, MSPH, and Harry Hatasaka, MD., (2002). Timing intercourse to achieve pregnancy: current evidence. *The American college of obstetricians and gynecologists, vol. 100, no.6. Published by Elsevier Science Inc.*
2. Chretien FC, Berthou J, (1989). A new crystallographics approach to fern-like microstructures in human ovulatory cervical mucus. *Hum Reprod* 4: 359-368.
3. Zaneveld LJ, Tauber PF, Port C, Propping D (1975) Scanning electron microscopy of cervical mucus crystallization. *Obstet Gynecol* 46: 419-428.
4. Gandara BK, Leresche L, Mancl L (2007) Patterns of salivary estradiol and progesterone across the menstrual cycle. *Ann N Y Acad Sci* 1098: 446-450.
5. Biel Casals JM (1968) Description De Un Nuevo Test De Ovulacion Y Analisis De Su Resultados. *Med Clin* 50: 385-392.
6. Salmassi A, Schmutzler AG, Püngel F, Schubert M, Alkatout I, et al. (2013) Ovulation detection in saliva, is it possible. *Gynecol Obstet Invest* 76: 171-176.
7. Belkien LD, Bordt J, Möller P, Hano R, Nieschlag E (1985) Estradiol in saliva for monitoring follicular stimulation in an in vitro fertilization program. *Fertil Steril* 44: 322-327.
8. Guida M, Tommaselli GA, Palomba S, Pellicano M, Moccia G, et al. (1999) Efficacy of methods for determining ovulation in a natural family planning program. *Fertil Steril* 72: 900-904.
9. Wan-Lipeng, Li-Tiancai, Li-Guiqin, Ruan-Bin, (2014). The application of image processing in medical detection technology. *Advanced materials research*, vols, 945-949, pp. 1842-1845.
10. Key Statistics from the National Survey of Family Growth. (2013, May 30),, "Database of Infertility Problems" [Online]. Available: <http://www.cdc.gov/nchs/fastats/fertile.htm>.
11. E. Braunwald, K.J. Isselbacher, R.G. Petersdorf, et al, eds. —*Harrison's Principles of Internal Medicine*. 18th ed., New York: McGraw-Hill, 2012: Chapter 347.
12. Dorling Kindersley™ Limited., “Temperature and Mucus Changes during the Menstrual Cycle”, Copyright 2009.
13. Z.A. Weinberg., IBM, J. Thomas , (2007, March 12),, —*Ovulation Detection by Monitoring Temperature During Sleep*¶, Sponsored by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
14. Hui-Ching W., Ching-Yi L., Ming-Hseng T., (2015). An intelligent saliva recognition system for women's ovulation detection. *Springer International Publishing Switzerland*, part I, pp. 614-623.
15. Hearn, D., & Baker, M. P. (1997). *Computer Graphics C Version* (2nd Ed.). Prentice Hall Publications.

16. Guo, Yang, Guohua Bai, and Yan Hu. "Using Bayes Network for Prediction of Type-2 Diabetes." In Internet Technology And Secured Transactions, 2012 International Conference For, pp. 471-472. IEEE, 2012.
17. Korting, Thales Sehn. "C4. 5 algorithm and Multivariate Decision Trees." Image Processing Division, National Institute for Space Research--INPE. 63.
18. Anil Kumar, G., and Prof. Nistala V.E.S.Murthy., (2014). Analysis of medical image processing and its application in healthcare industry. *International Journal Computer Technology and application*, vol 5 (3), pp.851-860.
19. Hazem M. Eissa, Amr M. Ahmed and Ehab A. Elsehely, (2014). Implementation of smart ovulation detection device. *Recent Advances in Biomedical & Chemical Engineering and Materials Science*, ISBN: 978-1-61804-223-1.
20. Kaur G., Chhabra, (2014). Improved J48 classification algorithm for the prediction of diabetes. *International Journal of Computer Application*, vol 98 , no. 22.
21. Melnick, H., and Goudas V.T., (2014). The detection of a salivary ferning pattern using the Knowhen ovulation monitoring system as an indication of ovulation. *Journal Women's Health Care*. vol.4, 4:3, Issue 3. 1000235.
22. Mohd Adam Suhaimi., (2014). Image processing in medical Application. *ResearchGate*,
https://www.researchgate.net/publication/239527742_Image_Processing_in_Medical_Applications.
23. Victorovo T., (2011) Image processing in research of saliva. International Siberian conference on control and communication (SIBCON). Published IEEE.
24. Kuo, Y.: Ovulation-prediction devices with image processing system. Google Patents US20080255472 (2007)
25. Galati G, Trapani, E., Yacoub, M., Toccaceli, M.R., Toccaceli, M.G., Galati, C.F.: A New Test for Human Female Ovulation Diagnosis. International Review of Medical Sciences 6(1) (1994)
26. Xu, X., Shi, H.-M., Zao, H., Zao, M.-M.: Monitoring saliva crystallization observed 32 cases of infertile women ovulate. Journal of Ningxia Medical (in Chinese) 22(5), 300 (2000)
27. Perkowski, M., Wang, S., Spiller, W.K., Legate, A., Pierzchata, E.: Ovulocomputer: application of image processing and recognition to mucus ferning patterns. In: Proceedings of Third Annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems 1990, pp 52–59. IEEE (1990)
28. Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L.: Digital image processing using MATLAB, vol 2. Gatesmark Publishing Knoxville (2009)
29. Bakos, O., Lundkvist, Ö., Wide, L., Bergh, T.: Ultrasonographical and hormonal description of the normal ovulatory menstrual cycle. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica* 73(10), 790–796 (1994)

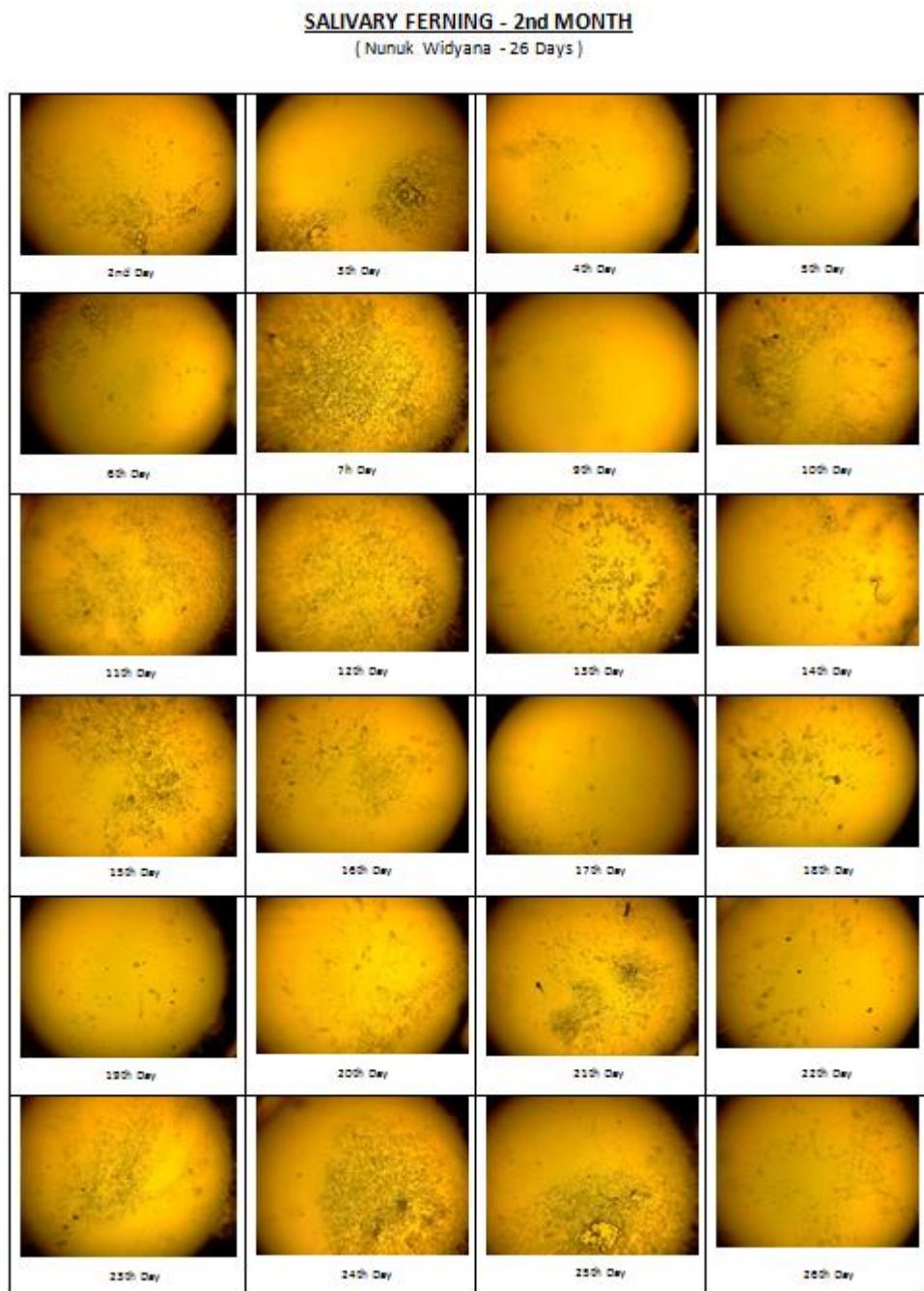
30. Pearlstone, A.C., Surrey, E.S.: The temporal relation between the urine LH surge and sonographic evidence of ovulation: determinants and clinical significance. *Obstetrics and Gynecology* 83(2), 184–188 (1994)
31. Braat, D.D., Smeenk, J.M., Manger, A.P., Thomas, C.M., Veersema, S., Merkus, J.M.: Sa-liva test as ovulation predictor. *The Lancet* 352(9136), 1283–1284 (1998)
32. Freundl, G., Bremme, M., Frank-Herrmann, P., Baur, S., Godehardt, E., Sottong, U.: The CUE fertility monitor compared to ultrasound and LH peak measurements for fertile time ovulation detection. *Advances in contraception* 12(2), 111–121 (1996) 64
33. Flynn, A.M., Lynch, S.: Cervical mucus and identification of the fertile phase of the menstrual cycle. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology* 83(8), 656–659 (1976)
34. Strott, C., Yoshimi, T., Ross, G., Lipsett, M.: Ovarian Physiology: Relationship Between Plasma LH and Steroidogenesis by the Follicle and Corpus Luteum; Effect of HCG 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 29(9), 1157–1167 (1969)
35. Corona, L.F.O.: Optical apparatus with a slide lighting system for detecting a woman's fer-tile period during her menstrual cycle. Google Patents US4815835 (1989)
36. Wu, H.-C., Chang, C.-J., Lin, C.-C., Tsai, M.-C., Chang, C.-C., Tseng, M.-H.: Developing Screening Services for Colorectal Cancer on Android Smartphones. *Telemedicine and e-Health* 20(8), 687–695 (2014)

LAMPIRAN

Lampiran 1



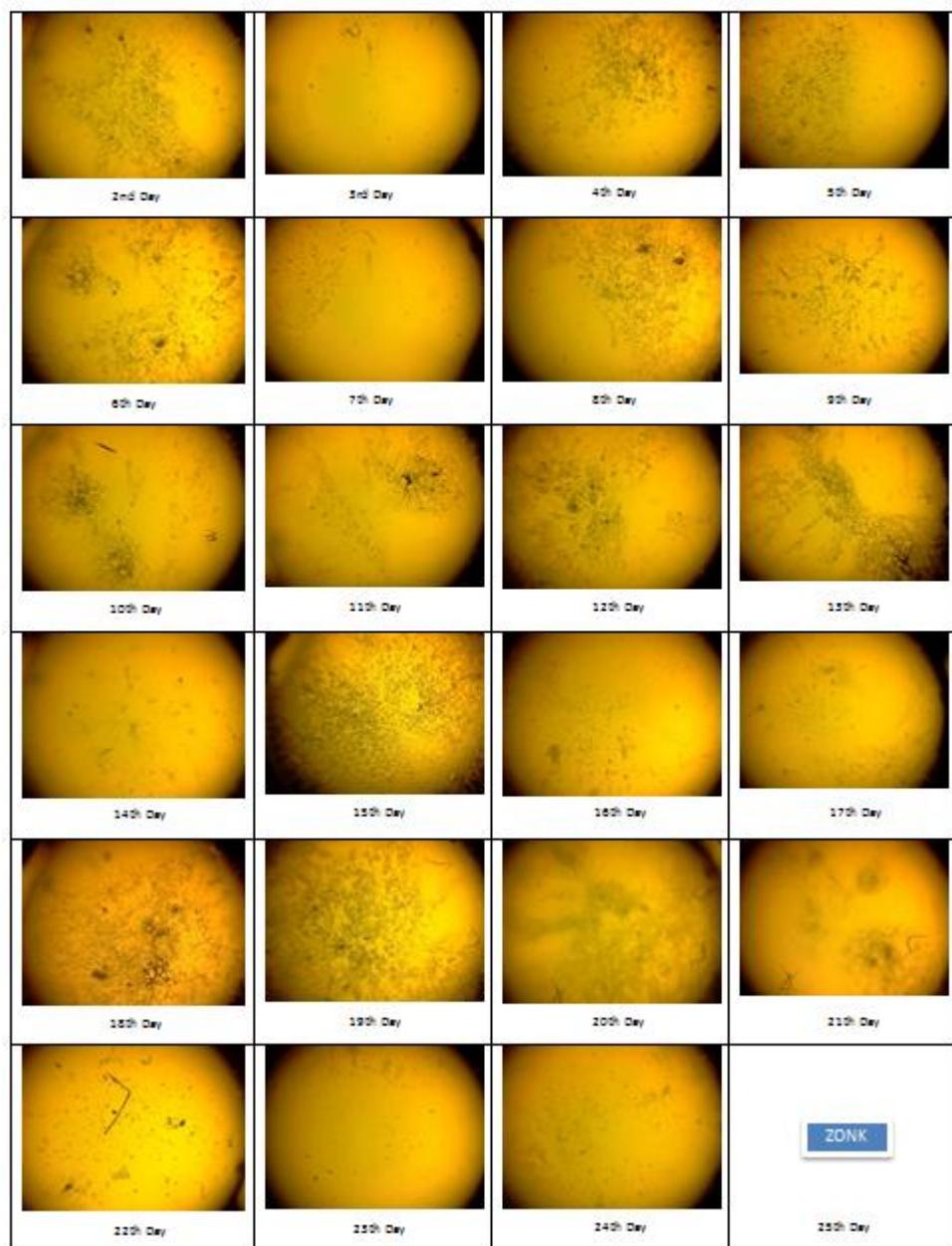
Lampiran 2



Lampiran 3

SALIVARY FERNING - 3rd MONTH

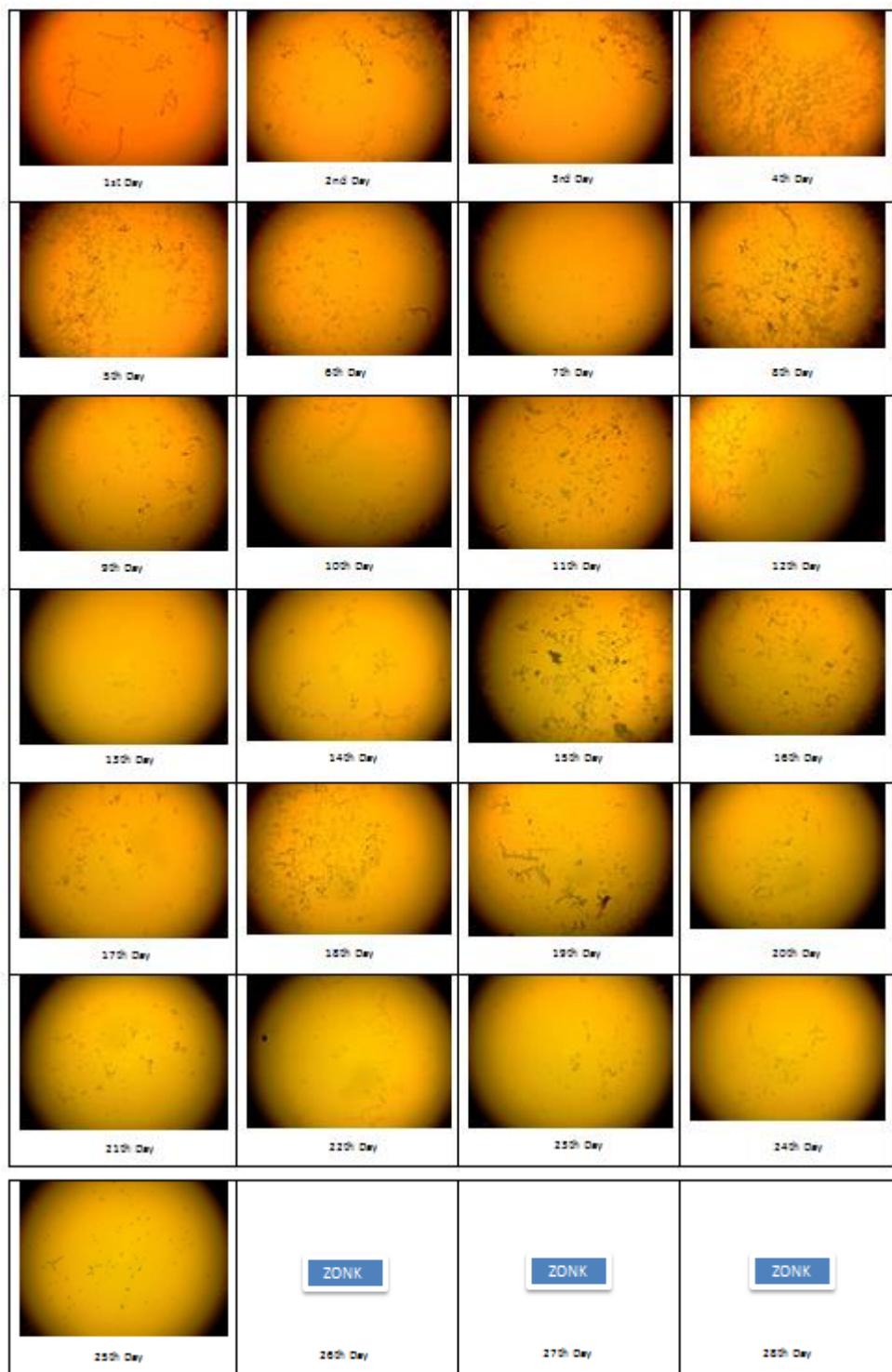
(Nunuk Widyana - 25 Days)



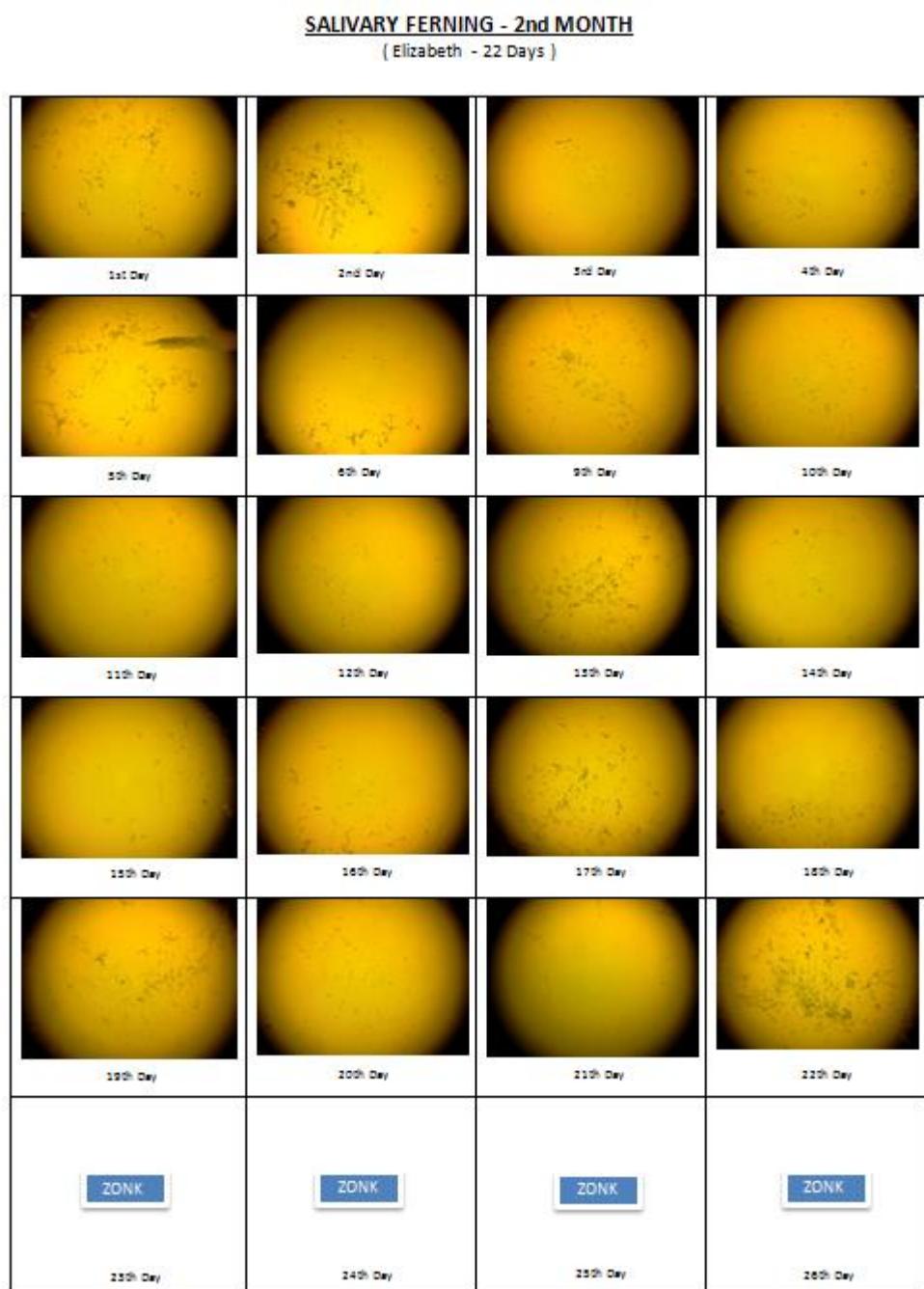
Lampiran 4

SALIVARY FERNING - 1st MONTH

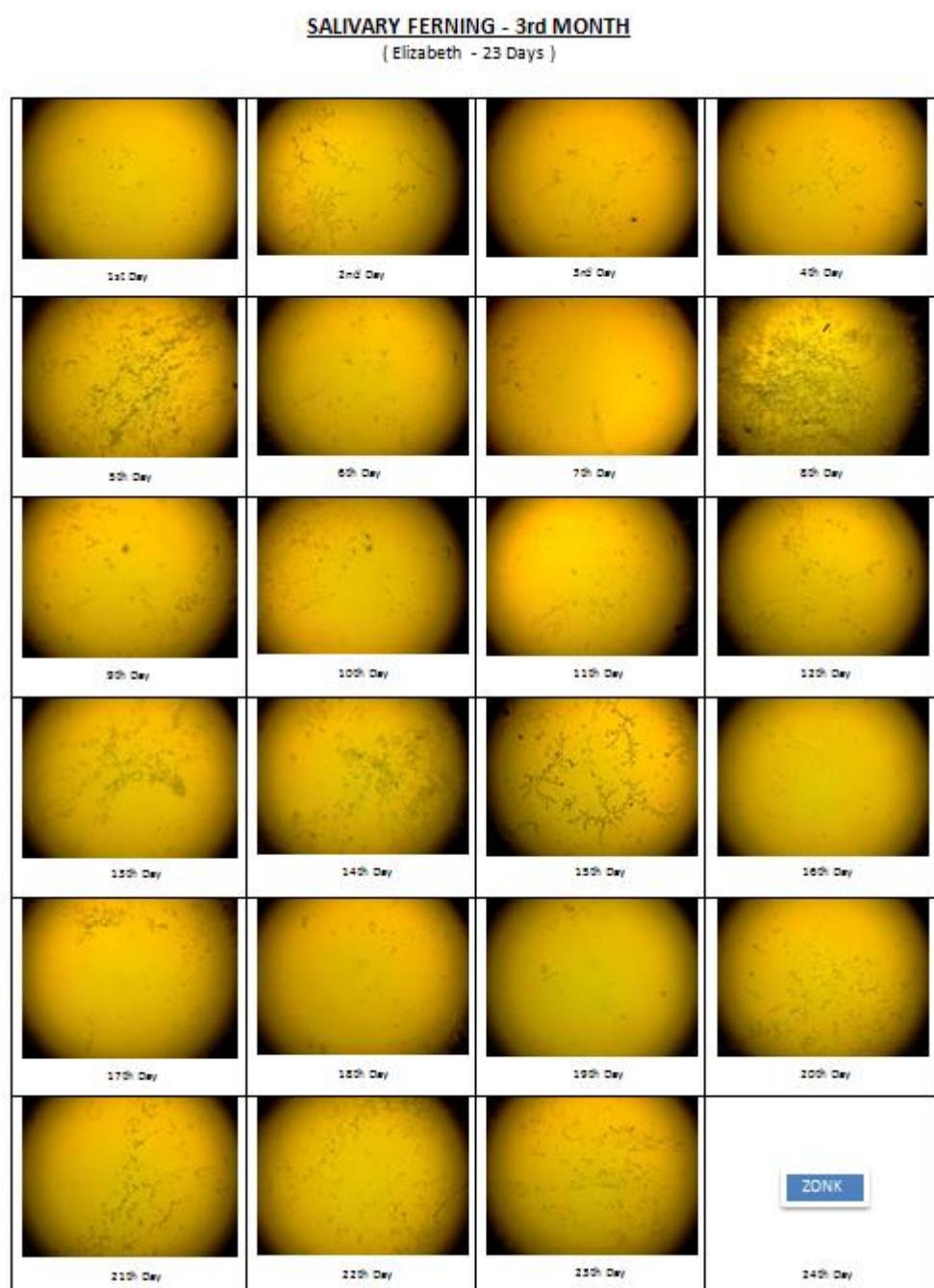
(Elisabeth - 25 Days)



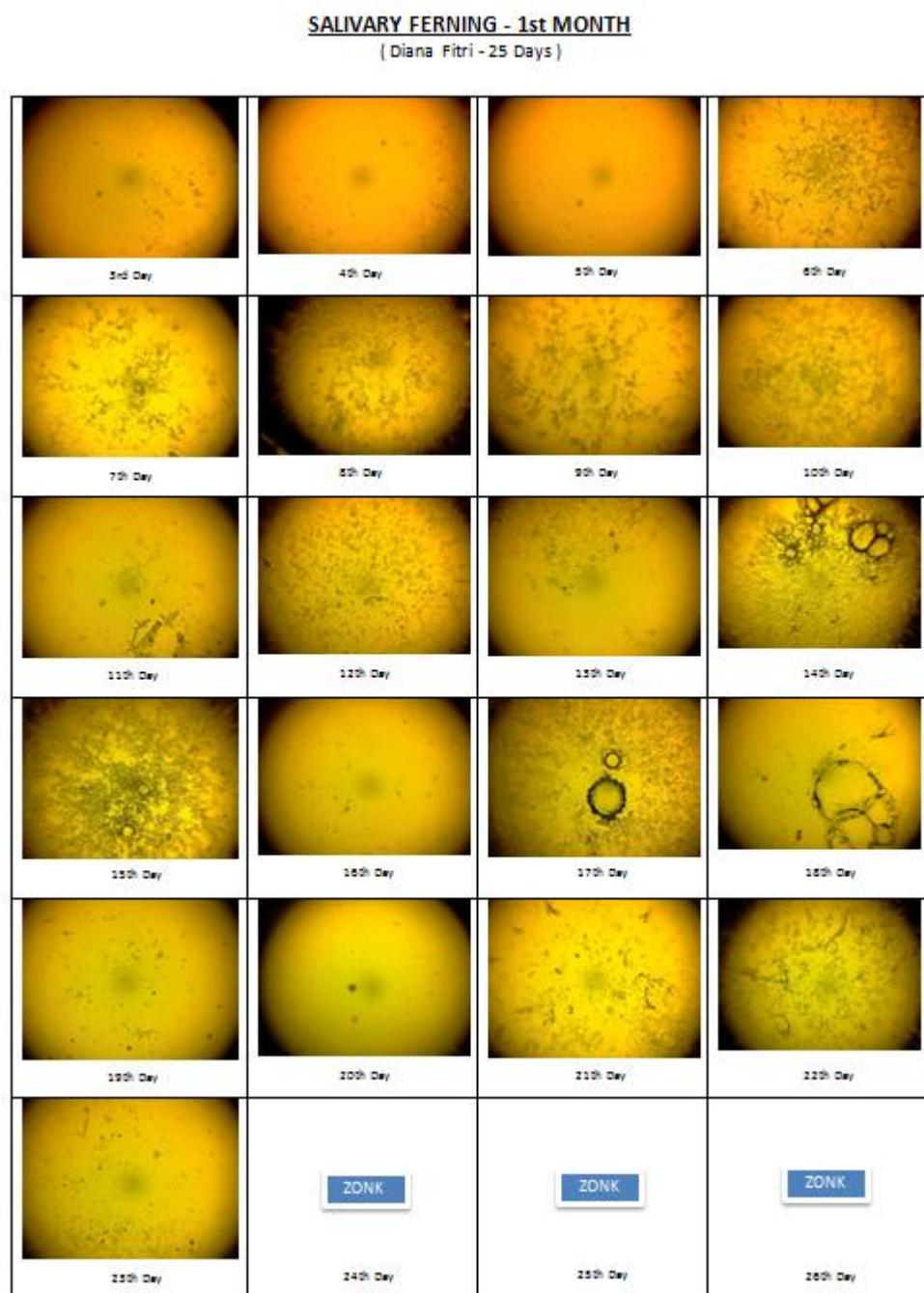
Lampiran 5



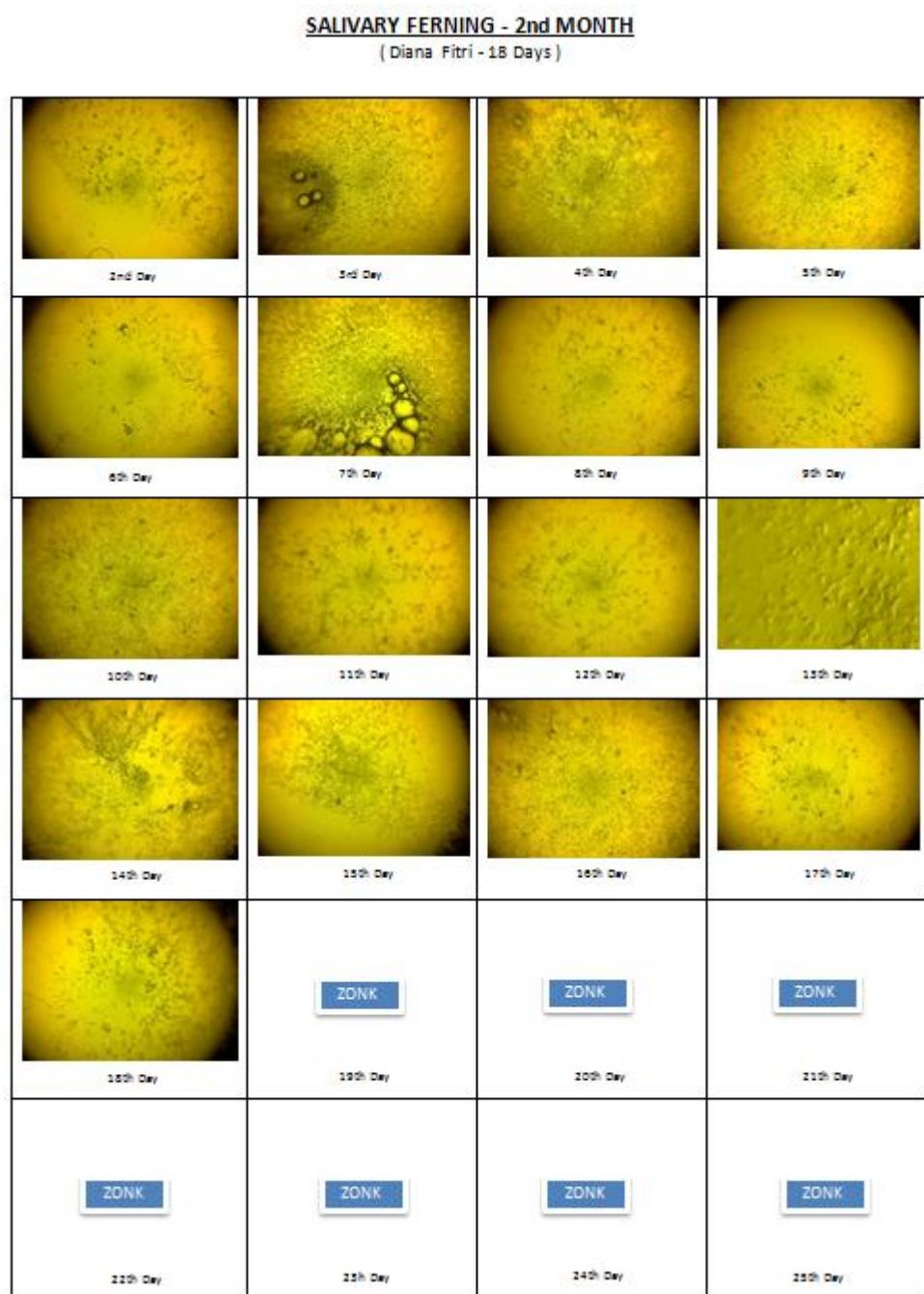
Lampiran 6



Lampiran 7



Lampiran 8



Lampiran 9

SALIVARY FERNING - 3rd MONTH

(Diana Fitri - 27 Days)

