

DISERTASI

**MODEL SEGMENTASI DAN EKSTRAKSI CIRI PADA CITRA
ULTRASONOGRAPHY 2-DIMENSI UNTUK KLASIFIKASI CAIRAN
KETUBAN**

*Segmentation And Feature Extraction Model On 2-D Ultrasonography Images
For Amniotic Fluid Classification*

Disertasi untuk memperoleh derajat
Doktor dalam Ilmu Komputer pada
Universitas Gadjah Mada



OLEH:

PUTU DESIANA WULANING AYU

18/435402/SPA/00640

**PROGRAM STUDI S3 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Sekip Utara BLS 21 Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 513339 Fax. (0274) 513339
<http://mipa.ugm.ac.id>, E-mail: mipa@ugm.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor: 123/J01.1.28/PP.01.03/2022, Tanggal: 24 Juni 2022

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini:

nama	: Putu Desiana Wulaning Ayu
nomor mahasiswa	: 18/435402/SPA/00640
program studi	: Doktor Ilmu Komputer
departemen	: Ilmu Komputer dan Elektronika
tanggal ujian disertasi	: 16 Juni 2022
judul disertasi	: Model Segmentasi dan Ekstraksi Ciri pada Citra <i>Ultrasonography 2-Dimensi</i> untuk Klasifikasi Cairan Ketuban
promotor	: Prof. Dra. Sri Hartati, M.Sc., Ph.D.
co-promotor I	: Aina Musdholifah, S.Kom., M.Kom., Ph.D.
co-promotor II	: dr. R. Detty Siti Nurdianti Z., M.P.H., Ph.D., Sp.OG(K).
ketua tim penguji	: Dr.rer.nat. Wiwit Suryanto, S.Si., M.Si.
penguji I	: Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.
penguji II	: Drs. Retantyo Wardoyo, M.Sc., Ph.D.
penguji III	: Afiahayati, S.Kom., M.Cs., Ph.D.Eng.
penguji IV	: Dr. dr. I Nyoman Hariyasa Sanjaya, SP.OG(K), MARS
penguji V	: Moh. Edi Wibowo, S.Kom., M.Kom., Ph.D.

telah mendapatkan persetujuan *online* dari tim promotor dan para pengujinya, sehingga dinyatakan sudah menyelesaikan revisi final disertasi pada 23 Juni 2022.

Surat keterangan ini dibuat pada masa tanggap darurat Covid-19 dan dipergunakan sebagai pengganti tanda tangan seluruh tim promotor dan penguji ujian disertasi pada lembar pengesahan disertasi mahasiswa tersebut di atas.

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Alumni, Kerjasama,
dan Inovasi,

Dr. Fajar Adi Kusumo, S.Si., M.Si.
NIP 197606132002121002



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR.E.

PERNYATAAN

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putu Desiana Wulaning Ayu
NIM : 18/435402/SPA/00640
Tahun terdaftar : 2018
Program studi : S3 Ilmu Komputer
Fakultas/Sekolah : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Disertasi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian, saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Disertasi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 20-Juni-2021



Putu Desiana Wulaning Ayu
NIM 18/435402/SPA/00640

PRAKATA

Segala puji syukur dihadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas karunianya laporan disertasi ini yang berjudul “MODEL SEGMENTASI DAN EKSTRAKSI CIRI PADA CITRA ULTRASONOGRAPHY 2-DIMENSI UNTUK KLASIFIKASI CAIRAN KETUBAN” ini telah selesai disusun.

Telah banyak bantuan yang penulis peroleh selama dalam penulisan Disertasi ini, untuk itu tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Kuwat Triyana, M.Si, selaku Dekan FMIPA UGM Yogyakarta dan Bapak Dr. Dadang Hermawan selaku Rektor ITB STIKOM Bali atas ijin dan kesempatan untuk melanjutkan studi lanjut di Program S3 Ilmu Komputer UGM.
2. Ketua Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika Ibu Anny Kartika Sari, S.Si.,M.Sc.,Ph.D serta Bapak Dr. Suprpto, Drs., M.I.Kom selaku Ketua Program Studi S3 Ilmu Komputer UGM, untuk kerjasama, keramahan, dukungan fasilitas dan bantuannya selama proses studi.
3. Ibu Prof. Dra. Sri Hartati, M.Sc., Ph.D, selaku Promotor, atas ilmu, saran, bimbingan, kesabaran, serta dukungan moril yang luar biasa selama proses penyelesaian disertasi ini.
4. Ibu Aina Musdholifah, S.Kom, M.Sc., Ph. D, selaku Ko-Promotor I atas ilmu, saran, bimbingan, kesabaran, serta dukungan moril yang luar biasa selama proses penyelesaian disertasi ini.
5. Ibu dr. R Detty Siti Nurdiati Z, SpOG(K), MPH., Ph.D selaku Ko-Promotor II atas ilmu, saran, bimbingan, kesabaran, serta dukungan moril yang luar biasa selama proses penyelesaian disertasi ini.
6. Seluruh Dosen, staf serta karyawan pada Program Studi S3 Ilmu Komputer UGM.
7. Ibunda Prof. Euis Dewi Yuliana M.Si dan Ayahanda Ir. I Made Budiarta, Mama Drs. Made Anggreni dan Papa Drs. Putu Kajeng Mahayasa tercinta. Terima kasih atas doa dan dukungan tiada henti yang

menjadi motivasi dan semangat penulis untuk berjuang menyelesaikan studi doktoral ini.

8. Keluarg tercinta, suamiku tercinta Dr. Gede Angga Pradipta S.T.,M.Eng dan anak-anakku yang tersayang Putu Deva Rhadeya Pradipta dan Made Amanda Gauri Pradipta yang selalu mendoakan dan mendukung disetiap harinya dengan kasih sayang yang begitu besar yang menjadi semangat bagi penulis.
9. Bapak Dr. Dadang Hermawan selaku Rektor dan seluruh rekan dosen, staf serta karyawan pada Institut Teknologi dan Bisnis (ITB) STIKOM Bali.
10. Seluruh rekan-rekan dan teman seperjuangan pada Program Studi S3 Ilmu Komputer UGM.
11. Dan semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari laporan disertasi ini masih banyak terdapat kekurangan serta perlu penyempurnaan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan disertasi ini sangat diharapkan. Semoga disertasi ini dapat bermanfaat untuk pengembangan di bidang ilmu komputer.

Yogyakarta, 20 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	I
PERNYATAAN.....	II
PRAKATA.....	III
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR NOTASI.....	XX
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	XXI
DAFTAR LAMPIRAN	XXII
INTISARI	XXIV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Kontribusi Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Kajian Pustaka Pengolahan Citra Digital.....	10
2.1.1 Penelitian Terkait Penerapan Metode Segmentasi pada Citra <i>Ultrasonography</i>	12
2.1.2 Ekstraksi Fitur Tekstur pada Citra <i>Ultrasonography</i>	19
2.2 Kajian Pustaka Terkait Medis	21
2.2.1 Metode Identifikasi Volume dan Kekeruhan Cairan Ketuban.....	21
2.2.2 Diagnosis Kondisi <i>Echogenic</i> pada Pemeriksaan USG	24

BAB III LANDASAN TEORI.....	27
3.1 <i>Pixel Classification</i>	27
3.1.1 <i>Convolutional Neural Network</i>	29
3.1.2 U-Net 33	
3.1.3 Fitur <i>First Order Statistical</i> berdasarkan <i>Grey Level Local Window</i>	36
3.1.4 Ekstraksi Fitur <i>Local Grey Level</i> dan <i>Local Variance Window</i>	38
3.2 Evaluasi Model Segmentasi	40
3.3 Ekstraksi Fitur pada Klasifikasi Cairan Ketuban	41
3.6.1 Ekstraksi Fitur <i>Depth</i> atau <i>Single Deepest Pocket (SDP)</i>	41
3.6.2 Ekstraksi Fitur Tekstur.....	42
3.4 Seleksi Fitur dengan <i>Information Gain</i>	47
3.5 Metode Klasifikasi	48
3.5.1 <i>Random forest</i>	48
3.5.2 <i>Support Vector Machine</i>	50
3.5.3 <i>Decision tree</i>	52
3.5.4 Naïve Bayes	54
3.5.5 K-Nearest Neighbors.....	56
3.6 Evaluasi Model Klasifikasi	58
3.7 Cairan Ketuban (<i>Amniotic Fluid</i>)	60
3.8 Tahapan Proses Pemeriksaan Cairan Ketuban.....	61
3.9 Prosedur Pemeriksaan Volume dan Kekeruhan Cairan Ketuban.....	63
BAB IV METODE PENELITIAN	67
4.1 Kerangka Pikir Penelitian	67
4.2 Posisi Usulan Model Penelitian pada Alur Pemeriksaan Cairan Ketuban	69
4.3 Diagram Alir Jalan Penelitian	71

4.4	Model Penelitian yang Dikembangkan	73
4.4.1	Pelatihan Model Segmentasi dengan <i>Pixel Classification</i>	76
4.4.2	Segmentasi Cairan Ketuban	83
4.4.3	Klasifikasi Cairan Ketuban untuk Volume dan Kekерuhan	84
4.5	Skema Pengujian	89
4.5.1	Skema Pengujian pada Segmentasi	89
4.5.2	Skema Pengujian pada Klasifikasi	93
BAB V METODE <i>PIXEL CLASSIFICATION</i> UNTUK SEGMENTASI CAIRAN KETUBAN (<i>AMNIOTIC FLUID</i>)		98
5.1	<i>Pixel Classification</i> berdasarkan <i>Local Information Window</i>	98
5.1.1	Pembentukan <i>Local Image Window (Square)</i> dan (<i>Rectangle</i>)	98
5.1.2	Fitur <i>Distance Angle Pixel (DAP)</i> Berdasarkan <i>Local Information Window</i>	100
5.2	Analisis dan Hasil Eksperimen	106
5.2.1	Evaluasi dan Analisis Performa Metode <i>Pixel Classification</i>	108
5.2.2	Evaluasi dan Analisis Hasil Segmentasi Menggunakan <i>Square</i> dan <i>Rectangle Window</i>	114
5.2.3	Perbandingan Metode Segmentasi Usulan dengan Metode Lainnya	120
BAB VI EKSTRAKSI FITUR VOLUME DAN KEKERUHAN (<i>ECHOGENIC</i>) PADA CITRA CAIRAN KETUBAN		130
6.1	Fitur <i>Single Deepest Pocket</i> untuk Mengukur Volume Cairan Ketuban	130
6.1.1	Kalibrasi Piksel ke Satuan Centimeter pada Fitur <i>Single Deepest Pocket</i> 132	
6.1.2	Hasil Ekstraksi Fitur <i>Single Deepest Pocket</i>	133
6.1.3	Perbandingan Hasil Pengukuran SDP Antara Dokter dan Model Usulan 135	

6.2	Fitur Tekstur untuk Kekeruhan (<i>echogenic</i>) Cairan Ketuban.....	137
6.3	Seleksi Fitur menggunakan Nilai <i>Information Gain</i>	141
BAB VII HASIL DAN PEMBAHASAN KLASIFIKASI VOLUME DAN KEKERUHAN CAIRAN KETUBAN.....		144
7.1	Pengujian Klasifikasi Volume Ketuban dengan Algoritmis <i>IF THEN</i>	144
7.2	Pengujian Klasifikasi Kekeruhan Cairan Ketuban.....	151
7.2.1	Pengujian Klasifikasi Kekeruhan menggunakan <i>Decision tree</i>	151
7.2.2	Pengujian Klasifikasi Kekeruhan menggunakan <i>Support Vector Machine</i>	158
7.2.3	Pengujian Hasil Klasifikasi kekeruhan menggunakan <i>Random forest</i> .	162
7.3	Metode Penggabungan <i>IF THEN</i> dan <i>Machine Learning</i>	166
7.3.1	Analisis Hasil Perpaduan algoritmis <i>IF THEN</i> dan <i>Decision tree</i>	168
7.3.2	Analisis Hasil Penggabungan <i>IF THEN</i> dan SVM.....	171
7.3.3	Analisis Hasil Penggabungan <i>IF THEN</i> dan <i>Random forest</i>	174
7.3.4	Pengujian Waktu Komputasi Sistem Klasifikasi Volume dan Kekeruhan Cairan Ketuban	178
BAB VIII PENUTUP		180
8.1	Kesimpulan	180
8.2	Saran	182
DAFTAR PUSTAKA		183

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagian pada citra cairan ketuban	2
Gambar 1.2 Kategori volume cairan ketuban berdasarkan metode SDP. (a) <i>oligohydramnion</i> , (b) cukup, dan (c) <i>Polihidramnion</i> (Edwards, 2004)	3
Gambar 3.1 Operasi ketetangaan piksel (Kadir dan Adhi, 2013)	27
Gambar 3.2 Ketetangaan piksel berjumlah 4 dan 8 (Kadir dan Adhi, 2013).....	28
Gambar 3.3 Topologi umum CNN (Habibi Aghdam dan Jahani Heravi, 2017) ..	29
Gambar 3.4 Proses konvolusi dengan jumlah <i>stride</i> 1 (Goodfellow dkk., 2016) ..	31
Gambar 3.5 Arsitektur U-Net Dasar.	35
Gambar 3.6 Ilustrasi fitur <i>graylevel</i> berdasarkan <i>local window</i> (Zheng dkk., 2017)	40
Gambar 3.7 Ilustrasi dari representasi DSC pada <i>spatial overlap</i> (Zou dkk., 2004)	40
Gambar 3.8 Proses pembentukan GLCM	43
Gambar 3.9 Orientasi sudut θ GLCM (Pradipta dkk., 2022)	44
Gambar 3.10 Penentuan awal matriks GLCM berpasangan dua piksel (Pradipta dkk., 2022)	44
Gambar 3.11 Contoh pembentukan matriks GLCM yang simetris (Pradipta dkk., 2022).	46

Gambar 3.12 Hasil matrix konkurensi setelah normalisasi (Pradipta dkk., 2022).	47
Gambar 3.13 Alur metode metode Naive Bayes (Santosa dan Umam, 2018).....	55
Gambar 3.14 Ilustrasi klasifikasi suatu titik data pada KNN (Suyanto, 2018).....	57
Gambar 3.15 Tahapan atau prosedur dokter dalam mengidentifikasi volume dan kondisi cairan ketuban	62
Gambar 3.16 Transduser pada perut (Edwards, 2004).....	63
Gambar 3.17 <i>Oligohydramnion</i> pada metode SDP dengan panjang garis vertikal 1.2 cm (Edwards, 2004)	64
Gambar 3.18 <i>Polihidramnion</i> pada metode SDP dengan panjang garis lurus vertikal 12 cm (Edwards, 2004)	64
Gambar 3.19 <i>Echogenic</i> pada cairan ketuban (W.Callen, 2008)	65
Gambar 4.1 Alur proses posisi usulan model penelitian pada pemeriksaan cairan ketuban.....	70
Gambar 4.2 Diagram alir jalan penelitian.....	72
Gambar 4.3 Alur proses penelitian model klasifikasi cairan ketuban berdasarkan citra USG 2-D cairan ketuban.....	75
Gambar 4.4 Citra USG 2-Dimensi cairan ketuban (RS. Surya Husadha Bali).....	77
Gambar 4.5 Alur proses <i>pre-processing</i> citra	78

Gambar 4.6 Hasil dari proses <i>cropping</i> citra pada citra cairan ketuban	79
Gambar 4.7 Ilustrasi pengambilan dataset sampel secara manual manual di 4 area citra cairan ketuban	80
Gambar 4.8 Alur proses pengumpulan sampel dan dataset piksel pada <i>window</i> 3×3	81
Gambar 4.9 Ilustrasi ketetangaan intensitas piksel pada <i>window</i> 3×3.....	82
Gambar 4.10 (A) Citra ROI; (B) <i>Bounding box</i> dari ROI; (C) konversi <i>biner</i> ; (D) pembentukan <i>matrix</i> ; (E) Kolom terbanyak bernilai 1 (putih); (F) Garis lurus <i>vertical</i> terpanjang dari ROI	85
Gambar 4.11 Model ekstraksi fitur tekstur	85
Gambar 4.12 Model klasifikasi untuk volume cairan ketuban.	87
Gambar 4.13 Aturan pembentukan volume cairan ketuban berdasarkan metode SDP (<i>depth</i>).....	87
Gambar 4.14 Skema model pengujian pada tahap klasifikasi piksel dengan $n \times n$ <i>window</i> pada setiap dataset piksel.....	91
Gambar 4.15 Skema model pengujian pada tahap klasifikasi piksel dengan $n \times m$ <i>window</i> pada setiap dataset piksel.....	92
Gambar 4.16 Skema model pengujian segmentasi cairan ketuban.....	93
Gambar 4.17 Proses pengujian pada klasifikasi volume cairan ketuban dengan algoritmis <i>IF THEN</i>	95

Gambar 4.18 Proses pengujian pada klasifikasi kekeruhan/ <i>echogenic</i> cairan ketuban dengan (<i>Random forest, Decision tree, SVM</i>) model	96
Gambar 4.19 Skema pengujian pada klasifikasi cairan ketuban.....	97
Gambar 5.1 Ilustrasi pembentukan <i>square window</i>	99
Gambar 5.2 Ilustrasi pembentukan <i>rectangle window</i>	100
Gambar 5.3 <i>Window</i> dengan ukuran (a). 3×3 dan (b). 5×5	102
Gambar 5.4 <i>Window</i> dengan ukuran (a). 7×7 , dan (b). 9×9	106
Gambar 5.5 Skema pengujian setiap <i>classifier</i> dengan <i>existing window size</i>	107
Gambar 5.6 Perbandingan hasil segmentasi dengan metode klasifikasi yang berbeda menggunakan <i>window</i> 3×3 pada 400-dataset piksel.....	117
Gambar 5.7 Perbandingan hasil segmentasi dengan <i>rectangle window</i> pada 400-dataset piksel dengan metode <i>Random forest</i>	119
Gambar 5.8 Perbandingan metode segmentasi usulan dengan metode lain	121
Gambar 5.9 Arsitektur U-Net untuk segmentasi cairan ketuban	123
Gambar 5.10 Plot antara nilai <i>Epoch</i> dan nilai <i>Loss</i> pada model U-Net	126
Gambar 5.11 Hasil segmentasi cairan ketuban pada model U-Net.....	127
Gambar 6.1 <i>Flow</i> diagram algoritma dari usulan fitur <i>Single Deepest Pocket</i> (SDP)	131
Gambar 6.2 <i>Code</i> matlab untuk <i>euclidean distance</i>	133
Gambar 6.3 Informasi jarak kalibrasi pada citra USG cairan ketuban	133
Gambar 6.4 Contoh <i>output</i> fitur SDP pada kelas volume cukup.....	134

Gambar 6.5 Contoh <i>output</i> fitur SDP pada kelas volume <i>oligohydramnion</i>	134
Gambar 6.6 Contoh <i>output</i> fitur SDP pada kelas volume <i>Polihidramnion</i>	135
Gambar 6.7 Pra-proses citra sebelum ekstraksi ciri GLCM	138
Gambar 6.8 Matrik konkurensi pada skala 8×8 dengan sudut 0°	139
Gambar 6.9 Matrik konkurensi pada skala 8×8 dengan sudut 45°	139
Gambar 6.10 Matrik konkurensi pada skala 8×8 dengan sudut 90°	139
Gambar 6.11 Matrik konkurensi pada skala 8×8 dengan sudut 135°	139
Gambar 6.12 Grafik nilai <i>gain</i> pada ciri kekeruhan ketuban.....	142
Gambar 6.13 Perbandingan pengaruh jumlah fitur terhadap performa Random Forest.....	143
Gambar 7.1 Program pada matlab untuk klasifikasi volume cairan ketuban menggunakan fitur SDP	144
Gambar 7.2 Grafik performa model SDP terhadap diagnosa dokter pada volume cairan ketuban pada data latih.....	148
Gambar 7.3 Plot pengaruh minimum <i>leaf</i> dengan <i>cross validation error</i> pada <i>Decision tree</i>	152
Gambar 7.4 Struktur pohon keputusan dengan minimum <i>leaf size</i> = 45	156
Gambar 7.5 Struktur pohon keputusan dengan minimum <i>leaf size</i> = 3	157
Gambar 7.6 <i>Heatmap validation</i> akurasi dengan nilai kombinasi parameter <i>gamma</i> dan <i>C</i>	161
Gambar 7.7 Plot <i>Out of bag error</i> dari metode <i>Random forest</i> untuk kekeruhan ketuban.....	163

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terkait dengan biometri janin pada citra <i>ultrasonography</i> 2D	10
Tabel 2.2 Ringkasan penelitian pada metode segmentasi.....	16
Tabel 2.3 Penelitian terkait <i>pixel classification</i> pada citra <i>ultrasonography</i>	18
Tabel 2.4 Rangkuman penelitian terdahulu terkait ekstraksi fitur tekstur pada citra USG 2 dimensi	21
Tabel 2.5 Perbandingan metode identifikasi volume cairan dan pengaruh volume dan kondisi <i>echogenic</i> pada janin	24
Tabel 2.6 Indikasi <i>meconium</i> dan <i>vernix caseosa</i> dengan karakteristik <i>echogenic</i> pada pemeriksaan USG.....	26
Tabel 3.1 Kategori cairan ketuban berdasarkan pengukuran dengan SDP	42
Tabel 3.2 Kernel yang umum digunakan pada penelitian (Hussain dkk., 2011) ...	51
Tabel 4.1 Kerangka pikir usulan penelitian	67
Tabel 4.2 Distribusi data citra cairan ketuban pada kelas kekeruhan	76
Tabel 4.3 Distribusi data citra cairan ketuban pada kelas volume dan kekeruhan	77
Tabel 5.1 Jumlah fitur yang diekstrak berdasarkan ukuran jendela <i>square window</i>	107
Tabel 5.2 Jumlah fitur yang diekstrak berdasarkan ukuran jendela <i>rectangle window</i>	108

Tabel 5.3 Performa klasifikasi menggunakan <i>Random forest</i> dengan 200-dataset piksel.....	109
Tabel 5.4 Performa klasifikasi menggunakan <i>Random forest</i> dengan 400-dataset piksel.....	109
Tabel 5.5 Performa klasifikasi menggunakan <i>Random forest</i> dengan 800-dataset piksel.....	109
Tabel 5.6 Performa klasifikasi menggunakan <i>Decision tree</i> dengan 200-dataset piksel.....	110
Tabel 5.7 Performa klasifikasi menggunakan <i>Decision tree</i> dengan 400-dataset piksel.....	110
Tabel 5.8 Performa klasifikasi menggunakan <i>Decision tree</i> dengan 800-dataset piksel.....	111
Tabel 5.9 Performa klasifikasi menggunakan <i>Naïve bayes</i> dengan 200-dataset piksel.....	111
Tabel 5.10 Performa klasifikasi menggunakan <i>Naïve bayes</i> dengan 400-dataset piksel.....	111
Tabel 5.11 Performa klasifikasi menggunakan <i>Naïve bayes</i> dengan 800-dataset piksel.....	112
Tabel 5.12 Performa klasifikasi menggunakan KNN dengan 200-dataset piksel.....	112
Tabel 5.13 Performa klasifikasi menggunakan KNN dengan 400-dataset piksel.....	112
Tabel 5.14 Performa klasifikasi menggunakan KNN dengan 800-dataset piksel.....	113
Tabel 5.15 Performa klasifikasi menggunakan SVM dengan 200-dataset piksel.....	113

Tabel 5.16 Performa klasifikasi menggunakan SVM dengan 400-dataset piksel.	113
Tabel 5.17 Performa klasifikasi menggunakan SVM dengan 800-dataset piksel.	114
Tabel 5.18 Hasil rata-rata DSC, IoU dan PA dengan 200-dataset piksel	115
Tabel 5.19 Hasil rata-rata DSC, IoU dan PA dengan 400-dataset piksel	115
Tabel 5.20 Hasil rata-rata DSC, IoU dan PA dengan 800-dataset piksel.	115
Tabel 5.21 Hasil rata-rata DSC, Jaccard (JC / IoU), dan PA pada <i>rectangle window</i> dengan 400-dataset piksel pada metode <i>Random forest</i>	118
Tabel 5.22 Perbandingan performa metode <i>optimizer</i> pada model U-Net untuk segmentasi cairan ketuban	124
Tabel 5.23 Perbandingan hasil terhadap metode <i>loss function</i> yang digunakan pada metode U-Net.....	124
Tabel 5.24 Perbandingan hasil terhadap metode nilai <i>Learning Rate</i> yang digunakan pada metode U-Net.....	125
Tabel 5.25 Ringkasan performansi untuk perbandingan metode klasifikasi piksel yang diusulkan dengan metode lainnya	128
Tabel 6.1 Hasil eksperimen perbandingan pengukuran SDP pada data uji	135
Tabel 6.2 Fitur GLCM pada citra <i>grayscale</i> cairan ketuban.....	140
Tabel 6.3 Fitur FOS pada citra <i>grayscale</i> citra cairan ketuban.....	141
Tabel 6.4 Lima fitur dengan nilai <i>gain</i> tertinggi.....	141

Tabel 7.1 Hasil klasifikasi volume cairan ketuban antara label dan usulan model atau sistem pada data latih	145
Tabel 7.2 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk volume cairan ketuban pada data latih	149
Tabel 7.3 Hasil perbandingan klasifikasi volume cairan ketuban antara label dan usulan model atau sistem pada data uji	149
Tabel 7.4 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk volume cairan ketuban di data uji	151
Tabel 7.5 Hasil performa pada metode <i>Decision tree</i>	153
Tabel 7.6 <i>Confusion matrix multiclass</i> kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>Decision tree</i> pada data latih.....	155
Tabel 7.7 <i>Confusion matrix</i> kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>Decision tree</i> pada data uji	158
Tabel 7.8 Performa SVM pada data latih kekeruhan air ketuban dengan empat kernel berbeda.....	159
Tabel 7.9 <i>Confusion matrix</i> kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>RBF SVM</i> pada data latih.....	159
Tabel 7.11 Hasil eksperimen klasifikasi kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>Random forest</i> pada data latih.....	164
Tabel 7.12 <i>Confusion matrix</i> kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>Random forest</i> pada data latih	165
Tabel 7.13 <i>Confusion matrix</i> kekeruhan cairan ketuban pada metode <i>Random forest</i> pada data uji	166
Tabel 7.14 Performa hasil klasifikasi pada 2 kelas cairan ketuban pada data latih dan data uji.....	166

Tabel 7.15 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + Decision tree</i> pada data latih volume dan kekeruhan carian ketuban.....	168
Tabel 7.16 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + Decision tree</i> pada data uji volume dan kekeruhan cairan ketuban.....	169
Tabel 7.17 Perbandingan performa model penggabungan <i>IF THEN + Decision tree</i> pada data latih dan uji.	170
Tabel 7.18 <i>Confusion matrix multiclass</i> pada model (<i>Decision tree</i>) tanpa penggabungan <i>IF THEN</i> pada data uji.....	170
Tabel 7.19 Perbandingan performa klasifikasi enam kelas pada <i>Decision Tree</i> .	171
Tabel 7.20 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + SVM</i> pada data latih volume dan kekeruhan cairan ketuban.....	171
Tabel 7.21 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + SVM</i> pada data uji volume dan kekeruhan cairan ketuban	172
Tabel 7.22 Perbandingan performa model perpaduan <i>IF THEN + SVM</i> pada data latih dan uji.	172
Tabel 7.23 <i>Confusion matrix multiclass</i> pada model SVM tanpa penggabungan <i>IF THEN SDP</i> pada data uji.....	173
Tabel 7.24 Perbandingan performa klasifikasi SVM dengan dan tanpa penggabungan <i>IF THEN</i> pada data uji.....	173

Tabel 7.25 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + Random forest</i> pada data latih volume dan kekeruhan carian ketuban.....	174
Tabel 7.26 <i>Confusion matrix multiclass</i> untuk enam kelas pada klasifikasi cairan ketuban menggunakan model <i>IF THEN + Random forest</i> pada data uji volume dan kekeruhan carian ketuban.....	175
Tabel 7.27 Perbandingan performa model penggabungan <i>IF THEN SDP</i> dan <i>Random forest</i> pada data latih dan uji.....	175
Tabel 7.28 <i>Confusion matrix multiclass</i> pada model (<i>Random forest</i>) tanpa Penggabungan <i>IF THEN</i> pada data uji.....	176
Tabel 7.29 Perbandingan performa klasifikasi model penggabungan <i>IF THEN</i> dan model tanpa penggabungan <i>IF THEN</i> pada data uji	176
Tabel 7.30 Perbandingan performa model penggabungan <i>IF THEN</i> dengan <i>Decision tree</i> , <i>SVM</i> dan <i>Random forest</i> untuk klasifikasi cairan dan volume air ketuban pada data latih.....	177
Tabel 7.31 Perbandingan performa model penggabungan <i>IF THEN</i> dengan <i>Decision tree</i> , <i>SVM</i> dan <i>Random forest</i> untuk klasifikasi cairan dan volume air ketuban pada data uji.....	177
Tabel 7.32 Peningkatan performa model tanpa penggabungan <i>IF THEN</i> dengan <i>Decision tree</i> , <i>SVM</i> dan <i>Random forest</i> untuk klasifikasi cairan dan volume air ketuban pada data uji.....	177
Tabel 7.33 Pengujian waktu komputasi sistem klasifikasi volume dan kekeruhan cairan ketuban	179

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan
(i, j)	Pusat <i>window</i>
i	Baris pada <i>window</i> pada fitur DAP
j	Kolom pada <i>window</i> pada fitur DAP
x_{ij}	Koordinat piksel pusat pada <i>window</i>
D_0	Nilai fitur DAP untuk arah 0 pada <i>window</i>
D_1	Nilai fitur DAP untuk arah 1 pada <i>window</i>
D_2	Nilai fitur DAP untuk arah 2 pada <i>window</i>
D_3	Nilai fitur DAP untuk arah 3 pada <i>window</i>
D_4	Nilai fitur DAP untuk arah 4 pada <i>window</i>
D_5	Nilai fitur DAP untuk arah 5 pada <i>window</i>
D_6	Nilai fitur DAP untuk arah 6 pada <i>window</i>
D_7	Nilai fitur DAP untuk arah 7 pada <i>window</i>
\bar{x}	Nilai fitur <i>mean local window</i>
$P_{(n,m)}$	probabilitas dari nilai intensitas piksel
n	merepresentasikan baris dari <i>window</i> pada fitur FOS
m	merepresentasikan kolom dari <i>window</i> pada fitur FOS
N	total jumlah piksel yang ada di dalam <i>window</i> FOS
G	maksimum nilai <i>gray level</i> didalam <i>window</i>
σ	standard deviasi.
σ^2	Nilai <i>varians</i> dari <i>local window</i>
S^2	Nilai kontras pada <i>local window</i>
\bar{x}_3	Nilai skewness pada <i>local window</i>
\bar{x}_4	Nilai kurtosis pada <i>local window</i>
IoU	jumlah <i>intersection</i> atau perpotongan piksel A terhadap B
$mg(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$	Nilai margin dari setiap <i>classifier</i> di metode <i>Random forest</i>
γ	<i>Gamma</i> (persebaran dari kernel) pada metode SVM

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Singkatan/Istilah	Keterangan
DSC	<i>Dice Similiarty Coeficient</i>
IoU	<i>Intersection of Union</i>
PA	<i>Pixel Accuracy</i>
SDP	<i>Single Deepest Pocket</i>
MVP	<i>Maxima Vertical Pocket</i>
DAP	<i>Distance Angle Pixel</i>
FOS	<i>First Order Statistical</i>
GLLV	<i>Grey Level Local Variance</i>
RF	<i>Random Forest</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
DT	<i>Decision Tree</i>
KNN	<i>K-Nearest Neighbors</i>
ROI	<i>Region Of Interest</i>
GLCM	<i>Grey Level Co-occurance Matrix</i>
OOB	<i>Out of Bag pada random forest</i>
RBF	<i>Radial Base Function</i>
<i>Caliper</i>	Penanda pengukuran yang tampil pada layar monitor USG
<i>Ground truth</i>	Label kebenaran
<i>Confusion matrix</i>	Metode evaluasi model <i>machine learning</i>
<i>Classifier</i>	Metode klasifikasi <i>machine learning</i>
<i>Echogenic</i>	Kondisi cairan ketuban yang keruh
<i>Clear</i>	Kondisi cairan ketuban yang jernih
<i>Oligohydramnion</i>	Kondisi cairan ketuban yang kurang
<i>Polihidramnion</i>	Kondisi cairan ketuban yang berlebih

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel A.1 Fitur dengan nilai Gini tertinggi pada seleksi fitur menggunakan metode Information Gain.....	194
Tabel B.1 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>Decision Tree</i>	197
Tabel B.2 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data Uji untuk metode <i>Decision Tree</i>	200
Tabel B.3 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>RBF SVM</i>	202
Tabel B.4 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data Uji untuk metode <i>RBF SVM</i>	205
Tabel B.5 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>Random Forest</i>	207
Tabel B.6 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data Uji untuk metode <i>Random Forest</i>	210
Tabel C.1 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>IF THEN + Decision Tree</i>	212
Tabel C.2 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode <i>IF THEN SDP+ Decision Tree</i>	215
Tabel C.3 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode Tanpa Penggabungan <i>IF THEN SDP</i>	217
Tabel C.4 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>IF THEN SDP + SVM</i>	219
Tabel C.5 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode <i>IF THEN SDP + SVM</i>	222

Tabel C.6 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode Tanpa Penggabungan <i>IF THEN SDP</i>	224
Tabel C.7 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data latih untuk metode <i>IF THEN + Random Forest</i>	226
Tabel C.8 Hasil perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode <i>IF THEN + Random Forest</i>	229
Tabel C.9 perbandingan klasifikasi model usulan dan label dokter pada data uji untuk metode Tanpa Penggabungan <i>IF THEN</i>	231
Tabel D.1 Hasil Klasifikasi Piksel dengan metode <i>Random forest</i> dengan <i>window</i> 3×3 pada 400 data piksel.....	233
Tabel D.2 Hasil Segmentasi dengan metode <i>Random forest</i> dengan <i>window</i> 3×3 pada 400 data piksel.....	239
Tabel E.1 Hasil deteksi otomatis volume cairan ketuban (SDP)	244

INTISARI

MODEL SEGMENTASI DAN EKSTRAKSI CIRI CITRA ULTRASONOGRAPHY 2-DIMENSI UNTUK KLASIFIKASI CAIRAN KETUBAN

Oleh
Putu Desiana Wulaning Ayu
18/435402/SPA/00640

Cairan ketuban merupakan cairan yang terdapat di dalam rongga *amnion* yang berfungsi melindungi janin jika terjadi benturan pada dinding rahim, melindungi tali pusat, dan sumber mineral. Pemeriksaan cairan ketuban bertujuan untuk mengidentifikasi volume dan kekeruhan cairan ketuban. Pemeriksaan volume cairan dengan mencari dan menentukan kantong tunggal terbesar cairan ketuban. Langkah selanjutnya adalah meletakkan *caliper* (penanda pengukuran yang tampil pada layar monitor USG) pada batas atas (plasenta) dan batas bawah (uterus) di kantong tunggal terbesar cairan ketuban serta menarik garis lurus secara vertikal terpanjang diantara *caliper* tersebut atau disebut dengan teknik *Maxima Vertical Pocket (MVP)*. Garis lurus vertikal terpanjang tidak boleh bersinggungan dengan badan janin atau tali pusat. Tantangan yang terjadi pada pengukuran volume cairan adalah saat menentukan batas area cairan ketuban. Batas-batas ini tidak tegas antara cairan dengan plasenta maupun uterus. Sehingga berdampak pada penempatan dari *caliper* dan perhitungan garis vertikal lurus terpanjang. Penempatan *caliper* yang kurang tepat berakibat pada penarikan garis yang tidak lurus secara vertikal antara batas atas dan batas bawah sehingga berdampak pada hasil pengukuran volume cairan ketuban. Penentuan kondisi cairan ketuban (*echogenic*, atau *clear*) yang saat ini dilakukan oleh dokter adalah dengan mengamati sebaran *opach* atau keabuan dari area cairan ketuban secara visual. Belum adanya standar nilai dan pengukuran pasti terhadap kekeruhan sehingga dokter mengukurnya berdasarkan intuisi masing-masing dari hasil pengamatan visual. Berdasarkan pada kondisi diatas, pada penelitian ini membangun sebuah model yang dapat digunakan sebagai *tools* penyedia *second opinion* untuk menunjang diagnosa dokter. Model yang dibangun terdiri dari proses segmentasi, ekstraksi ciri serta klasifikasi cairan ketuban kedalam 6 kelas berdasarkan kekeruhan dan volume. Model dimulai dengan segmentasi menggunakan metode *pixel classification*, dimulai dari tahap *preprocessing* citra, pembentukan *local window sampling*, dilanjutkan dengan ekstraksi fitur berdasarkan *local window* dengan menggunakan fitur *Gray level*, *first order statistical (FOS)*, *distance angle pixel (DAP)*, dan *gray level local variance (GLLV)*. Proses dilanjutkan dengan klasifikasi piksel dengan mengevaluasi 5 metode *Machine Learning* berdasarkan ukuran *window*. Model segmentasi diuji dengan tiga metode yaitu *DSC (Dice Similarity Coeficient)*, *IoU (Intersection of Union)* dan *Pixel Accuracy*. Model segmentasi dengan *pixel classification* pada penelitian ini mencapai nilai *DSC* sebesar 0,87 (87%), nilai *IoU* sebesar 0,76 (76%) dan *Pixel accuracy* sebesar 85,7%. Setelah tahap segmentasi kemudian dilanjutkan dengan model ekstraksi fitur untuk mendeteksi nilai garis lurus vertikal terpanjang secara otomatis dengan mencari nilai fitur *depth/SDP*. Model klasifikasi volume cairan ketuban usulan memiliki kedekatan selisih absolut sebesar 86,86% terhadap label yang dianggap sebagai *ground truth*. Hasil klasifikasi volume dan kekeruhan cairan ketuban dengan penggabungan algoritmis *IF THEN* dan *Random Forest* mencapai akurasi sebesar 95%, presisi 94,16%, *recall* 95,20% dan *F1-Measure* 81,50%. Berdasarkan hasil pengujian ini, model ini kedepannya dapat dikembangkan menjadi *tools* untuk penyedia *second opinion* dalam menunjang pemeriksaan atau *screening* awal oleh dokter spesialis kandungan.

Kata kunci : Cairan ketuban, *pixel classification*, segmentasi, ekstraksi ciri, klasifikasi.

ABSTRACT**SEGMENTATION AND FEATURE EXTRACTION MODEL ON 2-D
ULTRASONOGRAPHY IMAGES FOR AMNIOTIC FLUID
CLASSIFICATION**

By

Putu Desiana Wulaning Ayu
18/435402/SPA/00640

Amniotic fluid is a fluid contained in the amniotic cavity which serves to protect the fetus from collisions on the uterine wall, protect the umbilical cord, and mineral sources. Amniotic fluid screening aims to identify the volume and condition of the amniotic fluid echogenicity. Obstetrician measures the volume of amniotic fluid begins with finding and determining the largest single pocket of amniotic fluid area. The next step is to place the caliper (measurement marker that appears on the ultrasound monitor screen) on the upper (placenta) and lower (uterine) margins in the single largest pocket of amniotic fluid. Then the obstetrician draws the longest straight vertical line between the calipers or called the Maxima Vertical Pocket (MVP). The longest vertical straight line should not intersect with the body of the fetus or the umbilical cord. The challenge that occurs in measuring fluid volume is when determining the boundary of the amniotic fluid area. These boundaries are not clear between the fluid with the placenta and uterus. This affects the placement of the caliper and the calculation of the longest straight vertical line. Improper placement of the caliper has an impact on the drawing of a line that is not vertically straight between the upper and lower points so that it has an impact on the results of the measurement of amniotic fluid volume. Determination of the condition of the amniotic fluid (echogenic, or clear) is carried out by an obstetrician by observing the distribution of opach or the gray level of the amniotic fluid area visually. There is no standard value and exact measurement of echogenicity, so obstetricians measure it based on their intuition from visual observations. Based on the above conditions, this study builds a model that can be used as a tool that is able to provide a second opinion to support obstetrician diagnosis. The model built consists of a segmentation process, feature extraction and classification of amniotic fluid into 6 classes based on turbidity and volume. The first stage is segmentation of the amniotic fluid area using the pixel classification method, which starts with image preprocessing, formation of local window sampling, followed by feature extraction based on local windows using Gray level, first order statistical (FOS), distance angle pixels (DAP) and gray level local variance (GLLV). Then the process is followed by pixel classification using 5 Machine Learning methods based on the sampling window size. The segmentation model is evaluated with three measurements, namely DSC (Dice Similarity Coefficient), IoU (Intersection of Union) and Pixel Accuracy. The segmentation model with pixel classification achieved DSC value of 0,876 (87%), IoU value of 0,76 (76%) and Pixel accuracy of 85,7%. After the segmentation process, then proceed with feature extraction to detect the longest vertical straight line value automatically using the SDP method. The proposed amniotic fluid volume classification model has an absolute difference of 86,86% close to the label or ground truth. the classification result of volume and echoginicity of amniotic fluid by combining the IF THEN SDP and Random Forest algorithms achieved an accuracy of 95%, precision of 94,16%, recall of 95,2% and F1-Measure of 81,5%. Based on this evaluation result, this model can be developed into automatic screening amniotic fluid tools for second opinion in supporting the diagnosis of obstetrician.

Keyword: Amniotic fluid, pixel classification, feature extraction, SDP, classification

