



KEPUTUSAN

DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

NOMOR : T/11113/IT2.VI.7/HK.00.02/2019

TENTANG

PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING DISERTASI MAHASISWA

PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU KOMPUTER

DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

SEMESTER GASALTAHUN AKADEMIK 2019/2020

DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

- Menimbang : a. bahwa dalam rangka penyusunan Disertasi mahasiswa Program Studi Doktor (S3) Ilmu Komputer, Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (FTIK-ITS), maka perlu ditetapkan pembimbing Disertasi;
- b. bahwa sehubungan dengan butir (a) tersebut di atas, maka perlu diterbitkan surat Keputusan Dekan Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi-ITS.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5336);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5500);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2015 tentang Statuta ITS (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 172, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5723);
4. Peraturan Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Nomor 10 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Institut Teknologi Sepuluh Nopember sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Nomor 27 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Rektor Nomor 10 Tahun 2016;
5. Peraturan Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Nomor 15 Tahun 2018 tentang Peraturan Akademik Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun 2018;
6. Keputusan Rektor ITS Nomor: 000288/IT2/HK.00.01/2019, tanggal 2 Januari 2019, tentang Kalender Akademik Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun Akademik 2019/2020;
- A

Memperhatikan : Surat Kepala Departemen Teknik Informatika FTIK-ITS Nomor : T/94336/IT2.VI.7.1/TU.00.00/2019, tanggal 15 November 2019 tentang Usulan SK Pembimbing Disertasi Mahasiswa Program Studi Doktor (S3) Ilmu Komputer Departemen Teknik Informatika FTIK ITS, Semestetemen Teknik Informatika FTIK-ITS, TA. 2019/2020.

MEMUTUSKAN

Menetapkan : KEPUTUSAN DEKAN TENTANG DOSEN PEMBIMBING TESIS MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU KOMPUTER DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2019/2020;

KESATU : Menetapkan nama yang tercantum dalam lampiran surat keputusan ini sebagai Dosen Pembimbing Disertasi Mahasiswa Program Studi Doktor (S3) Ilmu Komputer Departemen Teknik Informatika FTIK ITS, Semester Gasal Tahun Akademik 2019/2020;

KEDUA : Dosen yang namanya tercantum dalam (kolom 2) bertugas membimbing Disertasi mahasiswa (kolom 5) di Program Studi Doktor (S3) Ilmu Komputer Departemen Teknik Informatika FTIK ITS, Semester Gasal Tahun Akademik 2019/2020;

KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Surabaya
Pada tanggal : 21 November 2019



Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19720809 199512 1 001

Salinan keputusan ini disampaikan kepada :

1. Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan
2. Kepala Departemen Teknik Informatika
3. Kaprodi Pascasarjana Departemen Teknik Informatika
4. Kabag. TU dan Kearsipan
5. Yang bersangkutan

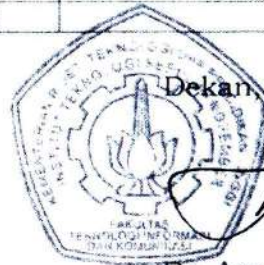
Lampiran Surat Keputusan Dekan FTIK-ITS
 Nomor : /IT.2.VI.7/HK.00.02/2019
 Tanggal : 21 November 2019

**DOSEN PEMBIMBING DISERTASI MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU KOMPUTER
 DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA FTIK-ITS SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2019/2020**

| DOSEN PEMBIMBING | | DAFTAR MAHASISWA | | | |
|------------------|--|------------------|----------------|-------------------------------|-------------|
| NO | NAMA DOSEN | NO | NIP | NAMA MAHASISWA | STATUS |
| 1 | Prof.Ir.Drs.Ec. Riyanarto Sarno, M.Sc, Ph.D NIP. 195908031986011001 | 1 | 05111360010004 | Budi Harjo | Promotor |
| | | 2 | 05111460010001 | Adi Heru Utomo | Promotor |
| | | 3 | 05111460010003 | Fika Hastarita Rachman | Promotor |
| | | 4 | 05111560010001 | Bagus Setya Rintyarna | Promotor |
| | | 5 | 05111660010002 | Muhammad Ainul Yaqin | Promotor |
| | | 6 | 05111660010004 | Hermawan | Promotor |
| | | 7 | 05111760010006 | Irene Realyta Halldy Trosi T. | Promotor |
| | | 8 | 05111860010009 | Suhariyanto | Promotor |
| | | 9 | 05111860010011 | Shoffi Izza Sabilla | Promotor |
| | | 10 | 05111860010012 | Maryamah | Co-Promotor |
| 2 | Prof.Ir.Handayani Tjandrasa, M.Sc, Ph.D NIP. 194908231976032001 | 1 | 05111160010203 | Ricky Eka Putra | Promotor |
| | | 2 | 05111360010005 | Soffiana Agustin | Promotor |
| | | 3 | 05111460010004 | Dwiretno Istiyadi Swasono | Promotor |
| | | 4 | 05111660010001 | Sigit Wasista | Promotor |
| | | 5 | 05111860010007 | Dinial Utami Nurul Qomariah | Promotor |
| 3 | Prof. Ir. Arif Djunaidy, M.Sc., Ph.D. NIP. 195810051986031003 | 1 | 05111560010009 | Firli Irhamni | Promotor |
| | | 2 | 05111760010002 | Eva Hariyanti | Promotor |
| | | 3 | 05111760010005 | Yudi Priyadi | Promotor |
| | | 4 | 05111860010005 | Yuliana Setiowati | Promotor |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|----------------|-------------------------------|-------------|
| 4 | Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom NIP. 197208091995121001 | 1 | 05111660010003 | Arna Fariza | Promotor |
| | | 2 | 05111660010005 | Rarasmaya Indraswari | Promotor |
| | | 3 | 05111660010006 | Rizka Wakhidatus Sholikhah | Promotor |
| | | 4 | 05111860010012 | Maryamah | Promotor |
| 5 | Daniel Oranova, S.Kom, M.Sc, PD.Eng NIP.197411232006041001 | 1 | 05111760010002 | Eva Hariyanti | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111760010005 | Yudi Priyadi | Co-Promotor |
| | | 3 | 05111760010006 | Irene Realyta Halldy Trosi T. | Co-Promotor |
| | | 4 | 05111560010009 | Firli Irhamni | Co-Promotor |
| | | 5 | 05111860010001 | Reza Fauzan | Promotor |
| | | 6 | 05111860010002 | Indra Kharisma Raharjana | Promotor |
| | | 7 | 05111860010004 | Selvia Ferdiana Kusuma | Promotor |
| | | 8 | 05111860010005 | Yuliana Setiowati | Co-Promotor |
| 6 | Prof.Dr.Ir.Joko Lianto Buliali, M.Sc NIP.196707271992031002 | 1 | 05111360010201 | Endyk Noviyantono | Promotor |
| | | 2 | 05111560010008 | Eviana Tjatur Putri | Promotor |
| | | 3 | 05111760010004 | Anggreni | Promotor |
| 7 | Waskitho Wibisono, S.Kom, M.Eng, Ph.D NIP.197410222000031001 | 1 | 05111760010003 | Dandy Pramana Hostiadi | Promotor |
| | | 2 | 05111260010002 | Yudhi Purwananto | Co-Promotor |
| | | 3 | 05111660010001 | Sigit Wasista | Co-Promotor |
| | | 4 | 05111660010004 | Hermawan | Co-Promotor |
| | | 5 | 05111860010003 | Kun Nursyaiful Priyo P. | Promotor |
| | | 6 | 05111860010008 | Bagus Gede Krishna Yudistira | Promotor |
| | | 7 | 05111860010010 | Moch Yasin | Promotor |
| 8 | Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom NIP. 197104281994122001 | 1 | 05111160010203 | Ricky Eka Putra | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111660010005 | Rarasmaya Indraswari | Co-Promotor |
| 9 | Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom NIP. 197512202001122002 | 1 | 05111260010002 | Yudhi Purwananto | Promotor |
| | | 2 | 05111760010001 | Bilqis Amaliah | Promotor |
| | | 3 | 05111460010003 | Fika Hastarita Rachman | Co-Promotor |
| | | 4 | 05111460010004 | Dwiretno Istiyadi Swasono | Co-Promotor |
| | | 5 | 05111560010001 | Bagus Setya Rintyarna | Co-Promotor |
| | | 6 | 05111660010006 | Rizka Wakhidatus Sholikhah | Co-Promotor |
| | | 7 | 05111860010002 | Indra Kharisma Raharjana | Co-Promotor |
| | | 8 | 05111860010004 | Selvia Ferdiana Kusuma | Co-Promotor |
| | | 9 | 05111860010007 | Dinial Utami Nurul Qomariah | Co-Promotor |

| NO | NAMA DAN NIP DOSEN | DAFTAR MAHASISWA | | | KETERANGAN |
|----|--|------------------|----------------|------------------------------|-------------|
| | | NO | NRP | NAMA MAHASISWA | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | Dr. Ir. R.V. Hari Ginardi, M. Sc. NIP. 196505181992031003 | 1 | 05111360010005 | Soffiana Agustin | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111460010001 | Adi Heru Utomo | Co-Promotor |
| 11 | Tohari Ahmad, S.Kom, MIT, Ph.D NIP. 197505252003121002 | 1 | 05111560010005 | Bambang Setiawan | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111760010003 | Dandy Pramana Hostiadi | Co-Promotor |
| | | 3 | 05111860010008 | Bagus Gede Krishna Yudistira | Co-Promotor |
| 12 | Royyana Muslim I, S.Kom., M.Kom., Ph.D. NIP. 197708242006041001 | 1 | 05111860010010 | Moch Yasin | Co-Promotor |
| 13 | Dr. Ir. Siti Rochimah, M.T NIP. 196810021994032001 | 1 | 05111360010004 | Budi Harjo | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111660010002 | Muhammad Ainul Yaqin | Co-Promotor |
| | | 3 | 05111860010001 | Reza Fauzan | Co-Promotor |
| 14 | Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D. NIP. 197004272005012001 | 1 | 05111760010001 | Bilqis Amaliah | Co-Promotor |
| 15 | Dr. Dhany Arifianto, ST., M. Eng. NIP. 197310071998021001 | 1 | 05111360010201 | Endyk Noviyantono | Co-Promotor |
| 16 | Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M. KEs., Sp. RKG. NIP. 196105131988032003 | 1 | 05111660010003 | Arna Fariza | Co-Promotor |
| | | 2 | 05111660010005 | Rarasmaya Indraswari | Co-Promotor |
| 17 | Ir, Hera Widiastuti, MT., Ph. D. NIP. 196008281987012001 | 1 | 05111560010008 | Eviana Tjatur Putri | Co-Promotor |
| 18 | Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan., MT. NIP. 196312251989031001 | 1 | 05111760010004 | Anggreni | Co-Promotor |
| 19 | Dr. Ayu Purwarianti, S.T., M.T. NIP. 197701272008012011 | 1 | 05111660010006 | Rizka Wakhidatus Sholikah | Co-Promotor |
| 20 | Dr. Eng. Kuwat Triyana, M. Si. NIP. 196709141997021001 | 1 | 05111860010011 | Shoffi Izza Sabilla | Co-Promotor |



Dekan

Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19720809 199512 1 001



DISERTASI - IF 186601

**SISTEM ESTIMASI USIA OTOMATIS BERDASARKAN
RADIOGRAFI PANORAMIK PADA ODONTOLOGI
FORENSIK**

ARNA FARIZA
05111660010003

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG.(K)

Program Studi Ilmu Komputer
Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020



DISERTASI - IF 186601

SISTEM ESTIMASI USIA OTOMATIS BERDASARKAN RADIOGRAFI PANORAMIK PADA ODONTOLOGI FORENSIK

ARNA FARIZA
05111660010003

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG.(K)

Program Studi Ilmu Komputer
Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Doktor (Dr)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARNA FARIZA

NRP: 05111660010003

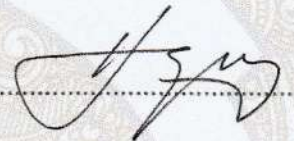
Tanggal Ujian: 18 Desember 2019

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

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



menyud

2. Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG.(K).
NIP. 196105131988032003

.....

Penguji:

1. Prof. Dr. Eng. Wisnu Jatmiko, S.T., M.Kom.
NIP. 1208050382



.....

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



.....

3. Dr. Eng. Darlis Heru Murti, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197712172003121001



.....

Kepala Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas



Dr. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197512202001122002



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Disertasi saya dengan judul:

SISTEM ESTIMASI USIA OTOMATIS BERDASARKAN RADIOGRAFI PANORAMIK PADA ODONTOLOGI FORENSIK

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 18 Desember 2019



Arna Fariza

NRP: 05111660010003

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK..... | i |
| ABSTRACT..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| DAFTAR ISTILAH..... | xix |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 8 |
| 1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian..... | 8 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 9 |
| 1.5. Kontribusi Penelitian..... | 9 |
| BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... | 11 |
| 2.1 Kajian Pustaka..... | 11 |
| 2.1.1 Metode Estimasi Usia Dewasa pada Odontologi Forensik..... | 11 |
| 2.1.2 Estimasi Usia Otomatis pada Radiografi Panoramik..... | 19 |
| 2.1.3 Segmentasi Citra Medis dan <i>Dental X-ray</i> | 24 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 33 |
| 2.2.1 Odontologi Forensik..... | 33 |
| 2.2.2 Segmentasi Citra <i>Dental X-ray</i> | 38 |
| 2.2.2.1 <i>Conditional Spatial Fuzzy C-Means (csFCM)</i> | 38 |
| 2.2.2.2 <i>Gaussian Kernel-Based</i> untuk <i>Fuzzy C-means</i> | 42 |
| 2.2.2.3 Jaringan Konvolusi <i>U-Net</i> | 44 |

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| 2.2.3 | Klasifikasi dengan Jaringan <i>Convolution Neural Network</i> | 47 |
| 2.2.3.1 | Arsitektur <i>Convolution Neural Network</i> | 49 |
| 2.2.3.2 | Pelatihan Jaringan..... | 54 |
| 2.2.3.3 | Data dan Label <i>Ground Truth</i> | 56 |
| 2.2.3.4 | <i>Overfitting</i> | 58 |
| 2.2.3.5 | <i>Residual Network</i> | 60 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN..... | | 67 |
| 3.1 | Roadmap Penelitian..... | 67 |
| 3.2 | Pendefinisian area Pemrosesan <i>Region of Interest (ROI)</i> | 70 |
| 3.2.1 | Pengumpulan Data..... | 71 |
| 3.2.2 | Persyaratan Data..... | 71 |
| 3.2.3 | Koleksi Citra Area Pemrosesan ROI..... | 76 |
| 3.3 | Segmentasi Gigi dan <i>Background</i> | 78 |
| 3.3.1 | Segmentasi <i>Gaussian Kernel-Based Conditial Spatial Fuzzy C-Means (GK-csFCM)</i> | 80 |
| 3.3.2 | Segmentasi GK-csFCM Interaktif..... | 82 |
| 3.3.3 | Segmentasi dengan <i>Deep Learning</i> Jaringan Konvolusi <i>U-Net</i> | 86 |
| 3.4 | Segmentasi Komponen Gigi dengan GK-csFCM..... | 92 |
| 3.5 | Klasifikasi <i>Deep Convolution Neural Network</i> | 96 |
| 3.6 | Evaluasi Kinerja Sistem..... | 104 |
| BAB 4 HASIL DAN ANALISIS..... | | 109 |
| 4.1 | Segmentasi Gigi dan <i>Background</i> | 109 |
| 4.1.1 | Segmentasi dengan <i>Gaussian Kernel-Based Conditional Spatial Fuzzy C-Means (GK-csFCM)</i> | 109 |
| 4.1.2 | Segmentasi GK-csFCM Interaktif..... | 111 |
| 4.1.3 | Segmentasi dengan Jaringan Konvolusi <i>U-Net</i> | 115 |

| | | |
|--|--|-----|
| 4.2 | Segmentasi Komponen Gigi dengan GK-csFCM..... | 120 |
| 4.3 | Jaringan <i>Convolution Neural Network</i> untuk Estimasi Usia | 124 |
| 4.4 | Antar Muka Pengguna | 138 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 143 |
| 5.1 | Kesimpulan | 143 |
| 5.2 | Saran | 145 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 147 |
| LAMPIRAN | | |
| Lampiran 1 : Tabel Rekapian Publikasi | | |
| Lampiran 2 : Sertifikat Laik Etik | | |
| Lampiran 3 : Sertifikat Student Research | | |
| Lampiran 4 : Sertifikat Program Peningkatan Kualitas Publikasi Internasional | | |
| BIOGRAFI PENULIS | | |

SISTEM ESTIMASI USIA OTOMATIS BERDASARKAN RADIOGRAFI PANORAMIK PADA ODONTOLOGI FORENSIK

Nama mahasiswa : Arna Fariza
NRP : 05111660010003
Pembimbing I : Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
Pembimbing II : Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG.(K)

ABSTRAK

Identifikasi individu menjadi hal yang sangat mendesak seiring dengan banyaknya kasus pidana, bencana dan kecelakaan massal. Penggunaan gigi sebagai identifikasi memberikan keuntungan dikarenakan sifat gigi yang keras, tahan terhadap cuaca, kimia, trauma, dan dapat dilakukan pada kondisi apapun meskipun tubuh sudah hancur, membusuk, terbakar dan termutilasi. Estimasi usia merupakan salah satu faktor penting dalam melakukan identifikasi individu melalui gigi geligi apabila data antemortem tidak tersedia dan tidak ada petunjuk tentang kemungkinan identitas. Estimasi usia pada orang dewasa menjadi tantangan karena perkembangan gigi tidak bertambah pada usia ini dan tidak ada petunjuk yang bisa diandalkan untuk menilai usia. Metode standar yang digunakan untuk estimasi usia dewasa adalah menilai volume berdasarkan perubahan dentin sekunder yang menyebabkan rongga pulpa menurun seiring bertambahnya usia.

Pemeriksaan radiografi pada ilmu odontologi forensik merupakan metode non-invasif yang tidak melibatkan ekstraksi gigi, mendapatkan gambaran keseluruhan maksilofasial, pengambilan gambar yang cepat, harga yang murah dan mudah penyimpanannya. Kualitas gambar radiografi panoramik yang berkontras rendah dan iluminasi yang tidak merata, mengakibatkan rentan terjadi inkonsistensi dalam pengukuran objek pada gigi secara manual, sehingga hasil estimasi tidak dapat dipertanggungjawabkan. Dengan demikian, sistem penilaian otomatis sangat penting untuk memudahkan proses, mengurangi waktu dan kesalahan dibandingkan dengan pengamatan menggunakan mata telanjang.

Perkembangan teknik *convolution neural network* (CNN) klasifikasi pada bidang visi komputer mampu mengklasifikasikan data medis dengan mempelajari representasi fitur yang berguna. CNN dapat mengklasifikasikan gambar yang memungkinkan estimasi usia otomatis, baik menggunakan fitur yang berguna secara langsung atau menggunakan fitur diskriminatif hasil segmentasi dan ekstraksi.

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem estimasi usia secara otomatis berdasarkan citra radiografi panoramik untuk mengidentifikasi individu dewasa (16-70 tahun) pada odontologi forensik. Metode yang diajukan terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama melakukan segmentasi mengenali bagian gigi dan *background* dengan menghilangkan struktur gigi dan artefak yang lain dengan *Gaussian kernel-based conditional spatial Fuzzy C-Means* (GK-csFCM) dan jaringan konvolusi *U-Net*. Tahap kedua melakukan segmentasi citra yang mengenali dan mendapatkan area dentin, enamel, dan pulpa menggunakan GK-

csFCM. Tahap ketiga melakukan klasifikasi citra untuk estimasi usia menggunakan *deep convolution neural network* (CNN) dengan modifikasi layer klasifikasi dan penyesuaian *learning rate*.

Jaringan konvolusi *U-Net* mencapai hasil yang lebih baik dengan nilai rata-rata akurasi, sensitifitas dan spesifitas mencapai 97,60% dibandingkan GK-csFCM interaktif sebesar 95,42 %. Evaluasi segmentasi komponen gigi dengan algoritma GK-csFCM mencapai akurasi rata-rata 93,3%, sensitifitas rata-rata 58,1% dan nilai spesifitas rata-rata mencapai 95,2%. Metode klasifikasi menggunakan CNN dengan arsitektur model ResNeXt-50 (32×4d) yang dimodifikasi pada layer klasifikasi dan penyesuaian *learning rate* dapat melakukan klasifikasi 55 kelas (usia 16-70 tahun) dan menghasilkan MAE terkecil 4,30 tahun, akurasi tertinggi 60,93%, dan koefisien determinasi tertinggi 85,47% dengan dataset citra asli.

Disertasi ini telah berhasil mengembangkan sebuah sistem estimasi usia secara otomatis berdasarkan citra radiografi panoramik untuk mengidentifikasi individu dewasa pada odontologi forensik. Sistem ini merupakan pendekatan baru sistem estimasi usia secara otomatis berdasarkan citra radiografi panoramik. Segmentasi gigi dan *background* dengan jaringan konvolusi *U-Net* mencapai hasil yang superior. Segmentasi komponen gigi dengan GK-csFCM mendapatkan akurasi dan spesifitas yang tinggi namun sensitifitas masih cukup rendah. Metode klasifikasi CNN dengan model arsitektur ResNeXt-50 (32×4d) yang dimodifikasi pada layer klasifikasi dan penyesuaian *learning rate* mencapai akurasi yang lebih baik.

Kata kunci: radiografi panoramik, estimasi usia, segmentasi *dental X-ray*, Fuzzy *C-means*, *convolution neural network*.

AUTOMATIC AGE ESTIMATION SYSTEM BASED ON PANORAMIC RADIOGRAPHY IN FORENSIC ODONTOLOGY

Name : Arna Fariza
Registration Number : 05111660010003
Supervisor : Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
Co-Supervisor : Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG.(K)

ABSTRACT

Individual identification becomes urgent as the number of criminal cases, disasters and mass accidents. Using teeth as identification provides advantages due to the heavy, weather, chemical traumatic resistant and can be performed under any conditions even if the body is destroyed, decomposed, burned and mutilated. The Age estimation is an important factor in identifying individuals through dental work when antemortem data are unavailable and there is no guidance to a possible identity. Age estimation in adults is a challenge because the development of teeth does not increase at this age and there are no reliable guidelines for age assessment. The standard method used for estimating adult age is to assess volume based on changes in secondary dentin that cause the pulp cavity to decrease with age.

In odontology forensic science, radiographic examination is a non-invasive method that does not involve the extraction of teeth, obtains an overall maxillofacial picture, rapid image capture, low-cost and easy storage. The low-contrast and uneven illumination quality of panoramic radiographic images cause inconsistencies in the measurement of objects in the teeth manually, therefore estimation results cannot be accounted for. Hence, an automatic scoring system is very important to facilitate the process, reduce time and errors compared to observations using the naked eye.

The development of convolution neural network (CNN) classification techniques in computer vision can classify medical data by learning the representation of useful features. CNN classify images that allow automatic age estimation, either using useful features directly or using discriminative features resulting from segmentation and extraction.

In this study an automatic age estimation system was developed based on panoramic radiographs to identify adult individuals (16-70 years) in forensic odontology. The proposed method consists of three stages. The first stage is to segment the teeth and background by recognizing tooth structure and other artifacts with Gaussian kernel-based conditional spatial *Fuzzy C-Means* (GK-csFCM) and *U-Net* convolution networks. The second stage is image segmentation that recognizes and acquires dentine, enamel, and pulp areas using GK-csFCM. The third stage is image classification for age estimation using deep convolution neural network (CNN) with classification layer modification and learning rate adjustment.

The *U-Net* convolution network achieves better results with an average accuracy, sensitivity, and specificity of 97.60% compared to the interactive GK-

csFCM of 95.42 %. Evaluation of the dental component segmentation using the GK-csFCM algorithm achieves an average accuracy of 93.3%, an average sensitivity of 58.1% and an average specificity value of 95.2%. Classification method using CNN with a modified ResNeXt-50 ($32 \times 4d$) model architecture at the classification layer and learning rate adjustment can classify 55 classes (16-70 years old) and achieve the smallest MAE of 4.30 years, highest accuracy of 60, 93%, and the highest determination coefficient 85.47% with the original image dataset.

This dissertation has succeeded in developing an automatic age estimation system based on panoramic radiographic images to identify adult individuals in forensic odontology. This system is a new approach to an automatic age estimation system based on panoramic radiographic images. Tooth and background segmentation with the *U-Net* convolution network achieves superior results. The segmentation of dental components with GK-csFCM has high accuracy and specificity but the sensitivity is still quite low. The CNN classification method with a modified ResNeXt-50 ($32 \times 4d$) model architecture at the classification layer and learning rate adjustment achieves better accuracy.

Keywords: panoramic radiography, age estimation, dental X-ray segmentation, *Fuzzy C-means*, convolution neural network.