



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

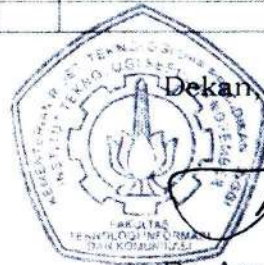
Lampiran Surat Keputusan Dekan FTIK-ITS
 Nomor : /IT.2.VI.7/HK.00.02/2019
 Tanggal : 21 November 2019

**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 Sholikhah	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

A



DISERTASI - IF186601

**SISTEM DETEKSI OSTEOPOROSIS BERDASARKAN
FITUR CORTICAL BONE RAHANG BAWAH PADA
CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)**

RARASMAYA INDRASWARI
NRP. 05111660010005

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.

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

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

Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020



DISERTASI - IF186601

**SISTEM DETEKSI OSTEOPOROSIS BERDASARKAN
FITUR CORTICAL BONE RAHANG BAWAH PADA
CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)**

RARASMAYA INDRASWARI
NRP. 05111660010005

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

Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Disertasi disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor Ilmu Komputer (Dr.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RARASMAYA INDRASWARI

NRP. 05111660010005

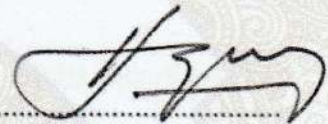
Tanggal Ujian : 18 Desember 2019

Periode Wisuda : Maret 2020

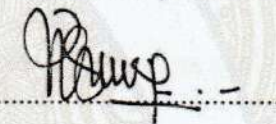
Disetujui oleh:

Pembimbing:

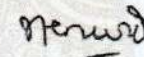
1. Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19720809 199512 1 001



2. Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19710428 199412 2 001



3. Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG(K)
NIP. 19610513 198803 2 003



Penguji:

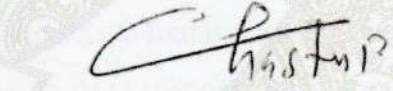
1. Dr. drg. Azhari, M.Kes., Sp.RKG
NIP. 19600703 198601 1 001



2. Prof. Dr. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc.
NIP. 19490823 197603 2 001

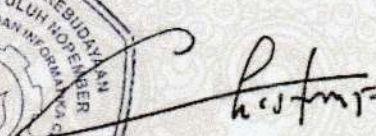


3. Dr. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19751220 200112 2 002



Kepala Departemen Teknik Informatika,
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas,




Dr. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19751220 200112 2 002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR ISTILAH.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
1.4. Kontribusi Penelitian.....	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1. Konsep Dasar.....	9
2.1.1. Osteoporosis.....	9
2.1.2. <i>Bone Mineral Density</i> (BMD).....	10
2.1.3. Dental Panoramic Radiographs.....	11
2.1.4. Radiomorphometric Indices.....	12
2.1.5. Cone-Beam Computed Tomography (CBCT).....	14
2.1.6. Cortical Bone.....	17
2.2. Kajian Pustaka.....	19
2.2.1. Deteksi Osteoporosis Menggunakan Fitur <i>Cortical Bone</i> Rahang Bawah.....	19
2.2.2. Segmentasi pada CBCT.....	29
2.2.3. Fitur <i>Cortical Bone</i> Rahang Bawah pada Citra 3D.....	34
2.3. Dasar Teori.....	38
2.3.1. <i>Polynomial Curve Fitting</i>	39

2.3.2. <i>Support Vector Machine</i>	39
2.3.3. Metode <i>Deep Learning</i> Untuk Segmentasi Citra	40
2.3.4. Uji Korelasi Pearson.....	42
2.3.5. Metode Evaluasi	43
BAB 3 METODE PENELITIAN	47
3.1. Tahap Pengumpulan Data.....	47
3.2. Tahap <i>Preprocessing</i>	50
3.3. Tahap Segmentasi.....	51
3.3.1. Segmentasi Semi-Otomatis	52
3.3.2. Segmentasi Berbasis <i>Deep Learning</i>	56
3.3.3. Segmentasi Berdasar Intensitas dan Bentuk <i>Cortical Bone</i>	61
3.4. Tahap Ekstraksi Fitur.....	67
3.5. Tahap Klasifikasi.....	71
3.6. Uji Coba dan Evaluasi	72
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS	73
4.1. Hasil dan Analisis Tahap Segmentasi	73
4.1.1. Segmentasi Semi-Otomatis	73
4.1.2. Segmentasi Berbasis <i>Deep Learning</i>	76
4.1.3. Segmentasi Berdasar Intensitas dan Bentuk <i>Cortical Bone</i>	82
4.1.4. Pembahasan Tahap Segmentasi.....	87
4.2. Hasil dan Analisis Tahap Ekstraksi Fitur	89
4.3. Hasil dan Analisis Tahap Klasifikasi.....	93
4.4. Pembahasan Terkait Perangkat CBCT dan DEXA	96
4.5. User Interface Sistem	101
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	105
5.1. Kesimpulan.....	105
5.2. Saran	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
DAFTAR LAMPIRAN	121
Lampiran 1. Sertifikat uji laik etik (<i>ethical clearance</i>) dari Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Airlangga.....	122
Lampiran 2. Form <i>informed consent</i>	123

39	Lampiran 3. Daftar Publikasi	128
40	Lampiran 4. <i>Letter of Acceptance</i> (LoA) untuk melakukan riset di Hiroshima	
42	University, Jepang, selama 6 bulan.....	129
43	Lampiran 5. Sertifikat tanda menyelesaikan program <i>Special Research Student</i>	
47	di Hiroshima University, Japan (1 Oktober 2017 – 31 Maret 2018)	130
47	BIOGRAFI PENULIS	131

SISTEM DETEKSI OSTEOPOROSIS BERDASARKAN FITUR CORTICAL BONE RAHANG BAWAH PADA CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)

Nama mahasiswa : Rarasmaya Indraswari
NRP : 05111660010005
Pembimbing I : Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom.
Pembimbing II : Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom.
Pembimbing III : Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG(K)

ABSTRAK

Osteoporosis adalah penyakit sistemik yang menyerang sistem kerangka manusia yang ditandai dengan penurunan kepadatan mineral tulang. *Gold standard* untuk deteksi osteoporosis dilakukan dengan mengukur *bone mineral density* (BMD) pada tulang punggung menggunakan perangkat DEXA (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kepadatan mineral tulang pada punggung memiliki korelasi dengan lebar *cortical bone* rahang bawah pada citra panorama gigi. Citra panorama gigi menunjukkan gambar dua dimensi (2D) dari rahang manusia dan relatif mudah didapatkan karena harganya yang terjangkau masyarakat. Namun, permasalahan *superimposition* pada citra panorama gigi dapat mengakibatkan tampilan tebal *cortical bone* yang salah pada citra.

Saat ini teknik pengambilan citra tiga dimensi (3D) menggunakan *Cone-Beam Computed Tomography* (CBCT) semakin banyak dimanfaatkan dalam dunia kedokteran gigi karena dapat menunjukkan kondisi rahang manusia secara lebih detail. Karena merupakan citra 3D, citra CBCT tidak mengalami permasalahan *superimposition*. Citra CBCT mengandung banyak informasi terkait kondisi tulang rahang, termasuk kepadatannya, sehingga memungkinkan digunakan untuk melakukan deteksi osteoporosis. Selain itu, terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa perangkat CBCT memberikan hasil korelasi pengukuran kekuatan tulang kortikal yang lebih tinggi daripada perangkat DEXA. Beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara fitur yang diekstrak dari tulang rahang pada citra CBCT dengan kepadatan mineral tulang yang diperoleh dari perangkat DEXA.

Pada umumnya, penelitian terkait deteksi osteoporosis menggunakan citra CBCT memiliki kekurangan terkait proses segmentasi tulang rahang yang menggunakan nilai *threshold* yang dipilih secara manual. Hal tersebut menyebabkan proses segmentasi menjadi tidak adaptif dan membuat objek segmentasi yang didapat tidak konsisten. Pada umumnya penelitian tersebut tidak menggunakan metode ekstraksi fitur tulang kortikal yang memberikan hasil konsisten secara otomatis. Penggunaan metode pengukuran yang manual tidak

efisien untuk diterapkan pada citra CBCT yang memiliki ratusan *slice* 2D. Selain itu juga terdapat kontradiksi terkait hasil analisis fitur yang digunakan untuk melakukan deteksi osteoporosis.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi osteoporosis secara otomatis berdasarkan fitur *cortical bone* rahang bawah pada CBCT. Sistem yang diusulkan terdiri dari empat tahap utama, yaitu *preprocessing* untuk melakukan *slicing* pada citra CBCT, segmentasi *cortical bone* rahang bawah, ekstraksi fitur kekeroposan *cortical bone*, serta klasifikasi untuk menentukan apakah subyek termasuk dalam kelompok normal, osteopenia, atau osteoporosis. Data yang digunakan adalah 30 buah data CBCT yang disertai dengan data hasil pengukuran BMD menggunakan perangkat DEXA.

Metode segmentasi yang diusulkan bersifat adaptif terhadap tiap *slice* CBCT dengan menggunakan nilai intensitas *grayscale* dan bentuk dari *cortical bone*. Metode tersebut berhasil memisahkan *cortical bone* menjadi *inferior cortical bone*, *buccal cortical plate*, dan *lingual cortical plate* sehingga dapat dilakukan ekstraksi fitur *inferior cortical bone* dan visualisasi 3D terhadap bagian-bagian *cortical bone*. Metode ekstraksi fitur yang diusulkan telah berhasil secara otomatis mengukur degradasi intensitas *grayscale* dari *cortical bone* berdasarkan *intensity profile*. Korelasi antara fitur yang diekstrak dari *cortical bone* terhadap *T-score* BMD berhasil mencapai 70,35%. Sistem yang diusulkan berhasil melakukan deteksi osteoporosis dengan akurasi mencapai 87,10%.

Kata kunci: *bone mineral density, cortical bone, cone-beam computed tomography, osteoporosis, rahang bawah*

OSTEOPOROSIS DETECTION SYSTEM BASED ON FEATURES OF MANDIBULAR CORTICAL BONE ON CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)

Name : Rarasmaya Indraswari
Student Identity Number : 05111660010005
Supervisor : Prof. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom.
Co-Supervisor 1 : Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom.
Co-Supervisor 2 : Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., Sp.RKG(K)

ABSTRACT

Osteoporosis is a systemic disease that attacks the human skeletal system and characterized by decreased bone mineral density. The gold standard for osteoporosis detection is bone mineral density (BMD) measurement on the spinal by using DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) device. Several research have shown that bone mineral density of the spinal has a correlation with the width of the mandibular cortical bone on the dental panoramic radiographs. Dental panoramic radiographs show two-dimensional images (2D) of human jaws and are relatively easy to obtain because of the affordable price. However, the superimposition problem of the dental panoramic image can result in the incorrect appearance of cortical bone width on the image.

On the other hand, three-dimensional (3D) image acquisition technique by using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) is being used increasingly in dentistry because it can shows the detailed condition of human jaw. CBCT images do not experience superimposition problem due to the 3D imaging technique. CBCT images contain a lot of information related to the condition of the jaw bone, including its density, making it possible to use for osteoporosis detection. In addition, there is research that shows that CBCT devices provide a higher correlation of cortical bone strength measurements than DEXA devices. Several other research have shown that there is a correlation between features extracted from the jawbone in CBCT images and bone mineral density obtained from the DEXA device.

In general, research related to the osteoporosis detection by using CBCT images have drawback related to the process of segmenting the jaw bone that uses a pre-specified threshold value that is chosen manually. This causes the segmentation process to be non-adaptive and makes the obtained segmentation object inconsistent. Those research in general did not use method for extracting cortical bone features that provide consistent results automatically. The use of manual measurement methods is not efficient to be applied to CBCT images that have hundreds of 2D slices. In addition, there were contradictions related to the analysis results of the features used to detect osteoporosis.

Therefore, in this research we propose the development of an automatic osteoporosis detection system based on mandibular cortical bone features on CBCT. The proposed system consists of four main stages, which are preprocessing to slice the 3D CBCT images, segmentation of mandibular cortical bone, extraction of cortical bone erosion feature, and classification to determine whether patients belong to the normal, osteopenia, or osteoporosis group. The data used are 30 CBCT images accompanied by BMD measurement using DEXA device.

The proposed segmentation method is adaptive to each CBCT slice by using grayscale intensity information and the shape of cortical bone. The method succeeded in separating cortical bone into the inferior cortical bone, buccal cortical plate, and lingual cortical plate so that we can perform feature extraction and 3D visualization from the parts of cortical bone. The proposed feature extraction method has succeeded in automatically measuring the degradation of grayscale intensity from inferior cortical bone based on intensity profile. The correlation between the features extracted from cortical bone and BMD's T-score reached 70.35%. The proposed system succeeded in detecting osteoporosis with an accuracy reaching 87.10%.

Keywords: *bone mineral density, cortical bone, cone-beam computed tomography, osteoporosis, mandible*