

ANALISIS KERAPATAN *TRABECULAR BONE* BERBASIS *GRAPH* BERBOBOT PADA CITRA PANORAMA GIGI UNTUK IDENTIFIKASI OSTEOPOROSIS

Zainal Abidin¹ Agus Zainal Arifin²

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: br52s@yahoo.com, agusza@cs.its.ac.id

Osteoporosis is bone disease indicated by low bone mass density and micro architectures disorder which lead to bone fragility or fractures. Graph may be useful to describe density of trabeculae bone due to morphological change on mandibular bone in dental panoramic radiographs. The density of trabecular bone can be described by generating graph. Trabecular image firstly was transformed to binary image. A white pixel on the binary image presented as part of trabeculae, which assumed as an isolated node on the graph. Graph generation by Erdos and Royi method was used to build connections between an isolated node and others. This paper introduced the use of weight on each node based on probabilities average of its neighbourhoods.

Graph's properties which used to measure the density were degree and cluster coefficient. Both of properties are used to build feature space. Feature space indicated distribution of node on dense or sparse area. Early indication of osteoporosis could be assumed that ratio of nodes on dense area were greater than that on sparse area. We achieved accuracy of 54%, sensitivity of 60%, and spesificity of 49%.

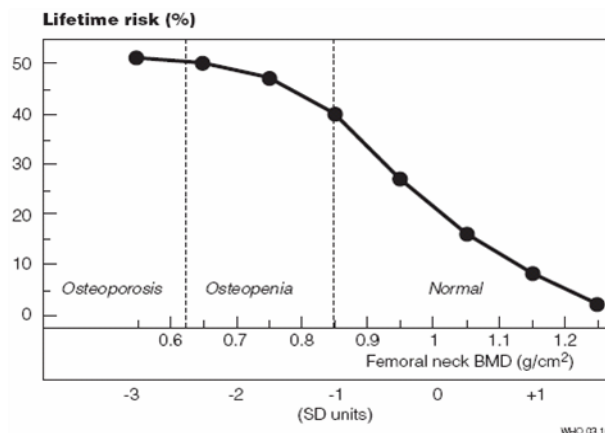
Keywords: *osteoporosis, trabeculae, random graph, graph berbobot*

Osteoporosis adalah penyakit berkurangnya bahan penyusun tulang atau berkurangnya kekuatan tulang yang menyebabkan tulang retak atau rapuh [1]. Penderita osteoporosis kebanyakan terjadi pada orang dengan usia di atas 50 tahun, terutama berjenis kelamin perempuan [2]. Grafik pada Gambar 1 penurunan tingkat kerapatan mineral tulang atau *bone mineral density* (BMD) terhadap umur. Penurunan BMD berjalan seiring dengan bertambahnya umur. Risiko osteoporosis terjadi mulai umur sekitar 40 tahun. Mulai umur 50 tahun diperlukan perhatian khusus karena risiko terkena osteoporosis semakin tinggi.

Untuk mengetahui terkena osteoporosis atau tidak, dilakukan dengan mengukur kepadatan tulang dalam satuan luasan (gram/cm). Terdapat beberapa metode pengukuran kandungan tulang, diantaranya adalah: SXA, DXA, QUS, QCT, *Radiography*, dan MRI. Deteksi dengan DXA mempunyai tingkat keakuratan lebih tinggi dibandingkan dengan metode yang lain. Karena itu, DXA ditetapkan sebagai standar utama (*gold standart*) untuk pengukuran kepadatan tulang [2].

Kecenderungan tingkat risiko osteoporosis semakin tinggi. Diperkirakan di daerah Asia pada tahun 2025 jumlah risiko patah tulang mencapai 2 juta [2]. Gambar 2 menunjukkan grafik perkiraan jumlah penderita patah tulang pinggul pada wanita dan pria. Pada setiap tahun terdapat peningkatan jumlah penderita patang tulang pinggul. Wanita cenderung mempunyai risiko lebih tinggi dari pada pria.

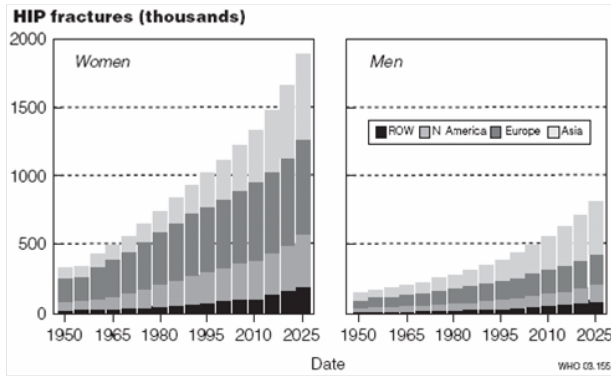
Sementara itu, pengukuran dengan DXA masih relatif mahal. DXA mempunyai tingkat akurasi 90% untuk mengukur daerah pinggul (*hip*). Kesalahan terjadi karena beberapa sebab yang berhubungan dengan teknik pengukuran dan praktisi yang memakai [2]. Citra panorama gigi dijadikan salah satu alternatif untuk media mendeteksi osteoporosis. Horner, mencari hubungan antar tulang *mandibular* dengan BMD. Pengukuran dilakukan dengan MCI dan



Gambar 1: Risiko patah pinggul pada wanita umur 50 tahun berdasar BMD femoral neck [2].

BQI. Diperoleh hasil BQI berhubungan dengan BMD [3]. Lebar *foramen mentalis* (mental indek, MI) dapat digunakan untuk mendeteksi osteoporosis [4]. Lebar *cortical* tulang mandibular (*mandibular cortical width*) atau MCI mempunyai hubungan dengan nilai BMD [5, 6]. Deteksi osteoporosis dengan mengukur lebar *cortical* tulang *mandibular* telah dilakukan uji kebenaran di klinik gigi [7]. Bahkan deteksi osteoporosis dengan melalui mengukur lebar *cortical* tulang *mandible* sudah diterapkan di klinik gigi [8]. Dikembangkan sistem bantu komputer untuk mendeteksi osteoporosis dengan mengukur lebar *cortical* tulang *mandible* secara otomatis. Diagnosa dilakukan dengan mengukur ketebalan *cortical* tulang *mandible* menggunakan metode yang dikembangkan Taguchi [9].

Penelitian untuk memprediksi terjadinya osteoporosis juga dilakukan pada pola *trabeculae*. Analisis pola *trabec-*



Gambar 2: Perkiraan jumlah patah tulang pinggul antara tahun 1950-2025 [2].

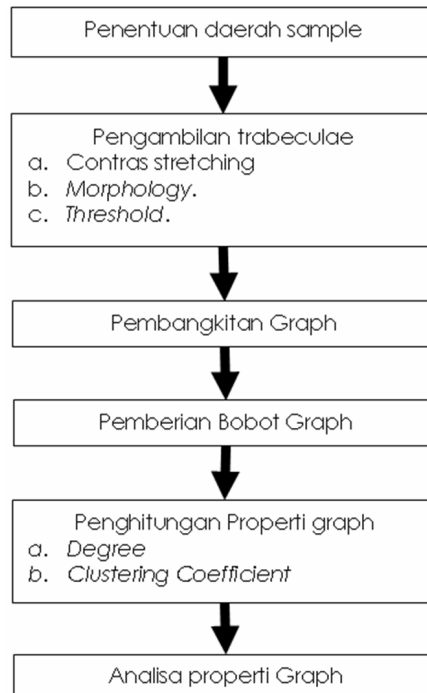
ulae pada tulang pergelangan tangan (Geraet, 1993). Pengukuran dilakukan di enam area pada *trabeculae* tulang *mandible*. Kerapatan dihitung dengan menghitung intensitas keabuan piksel [10]. Analisis perubahan pada pola *trabeculae* tulang *mandible* dan laju perubahan pola terhadap patah tulang pinggul (*hip*) [11]. Perbandingan pengukuran lebar *cortical* tulang *mandible*, jumlah gigi pada *mandible*, *mandibular index*, dan pola *trabeculae* pada tulang *mandible* [12].

Pada paper ini, diusulkan metode alternatif baru untuk membantu mendiagnosa osteoporosis dengan mengukur tingkat kerapatan *trabeculae* tulang *mandible* pada *dental panoramic radiograph*. Objek *trabeculae* digunakan untuk membangkitkan suatu *graph*. *Graph* dibangkitkan dengan menggunakan *random graph* metode *erdos royi*. Tingkat kerapatan *trabeculae* diukur dengan memanfaatkan nilai *degree* dan *cluster coefficient* dari *graph* yang telah diperoleh dari citra *trabeculae*. *Graph* yang terbentuk dihitung karakter dari simpul-simpul yang menjadi anggotanya. Nilai karakter dari tiap simpul digunakan sebagai dasar pengukuran tingkat kerapatan *trabeculae*. Hasil pengukuran tingkat kerapatan digunakan untuk membantu identifikasi osteoporosis.

BAHAN UJI COBA

Bahan untuk uji coba untuk mengukur kerapatan *trabeculae* adalah *dental panoramic radiograph* dari 100 wanita *postmenopous* dengan usia antara 50 tahun atau lebih (rata-rata 59,6; antara 50-84 tahun). Sejumlah 54 orang mempunyai BMD normal, 21 orang dinyatakan terkena *osteopenia*, dan 25 orang dinyatakan terkena osteoporosis. Dalam penelitian ini *osteopenia* diikutkan dalam kelompok normal, sehingga jumlah anggota kelompok BMD normal 75 orang. Semua subjek tersebut tidak mempunyai riwayat merokok, tidak ada kerusakan tulang akibat luka atau kecelakaan, tidak terkena kanker tulang, tidak mempunyai penyakit tulang yang berkaitan dengan metabolisme, tidak mengalami kerusakan ginjal akut, dan tidak ada yang *menstruasi* kurang dari satu tahun.

Citra panorama gigi diambil menggunakan AZ-3000 (Asahi Co., Kyoto, Japan) pada 12mA dan 15 s; kVp bervariasi antara 70 sampai dengan 80. Kecepatan layar 200 (HG-M, Fuji Photo film Co., Tokyo, Japan) dan menggu-



Gambar 3: Alur proses analisa kerapatan *trabecular* pada citra panorama gigi.

nakan film (UR-2, Fuji Photo film Co., Tokyo, Japan). Semua citra x-ray dipindai ke dalam bentuk digital dengan resolusi 300 *dpi* menggunakan *flat-bed scanner* (ES-8000, Epson, Japan).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan tingkat kerapatan *trabeculae* adalah : a) Pengambilan daerah sampel (ROI, *region of interest*) tulang rahang dari citra panorama gigi; b) Pengambilan *trabeculae*; c) Pembangkitan *graph*; d) Pemberian bobot *graph*; e) Penentuan nilai karakter *graph*; f) Menganalisa karakter *graph*. Gambar 3 adalah alur proses analisa kerapatan *trabecular bone*.

Pengambilan Citra Sampel Tulang Mandible dari Citra Panorama Gigi

Sampel diambil pada area tulang *mandible* bagian kiri atau kanan (Gambar 4(b) dan Gambar 4(c)) dari citra panorama gigi (Gambar 4(a)). Area sampel yang diambil adalah tulang *mandible* dibawah gigi *caninus* sampai *molar* pertama dengan panjang 200 dan lebar 100 piksel. Sampel diambil tanpa menyertakan daerah akar gigi dan *cortical* tulang *mandible*. Pada area sampel yang diambil kemungkinan besar terdapat *foramen mentalis*, berupa lubang kecil sehingga bisa dipakai untuk acuan warna tulang tidak padat.

Penentuan Objek

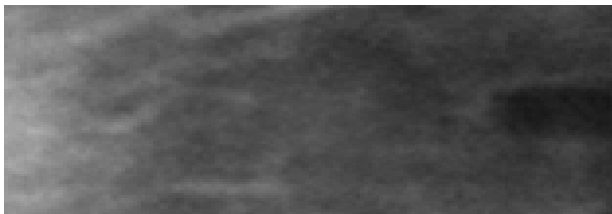
Citra sampel yang telah diperoleh diolah atau diproses sedemikian rupa untuk memisahkan tulang (guratn putih)



(a) Citra *dental panoramic radiograph*.



(b) Area sampel kiri dari citra 4(a).



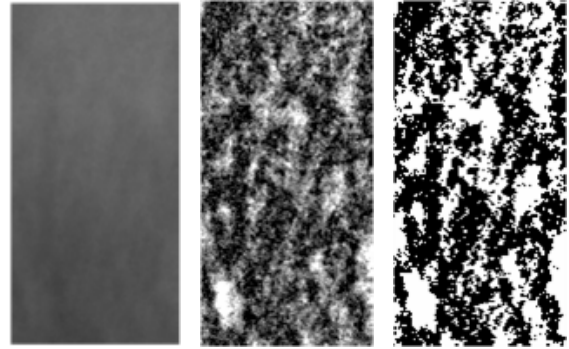
(c) Area sampel kanan dari citra 4(a).

Gambar 4: Citra panoramik gigi.

dengan obyek-obyek bukan tulang. Pengolahan citra sampel menggunakan metode-metode pemrosesan citra digital yang umum digunakan, seperti: morfologi, peningkatan kontras (*contrast stretching*), dan tresholding [13]. Morfologi yang digunakan adalah *opening* dengan struktur elemen berbentuk disk berjari-jari 11. Kemudian citra asli dikurangi dengan citra hasil *opening*. Tujuan morfologi pada penelitian ini adalah untuk mengambil objek berupa *trabeculae* dari tulang *mandibula*. Citra berisi *trabeculae* diperbaiki kontrasnya dengan meningkatkan kontras. Nilai piksel terkecil dari citra sampel ditransformasi ke 0 dan nilai terbesar dari citra sampel ditransformasikan ke 255. Perubahan nilai kontras pada citra sampel menggunakan Persamaan (1).

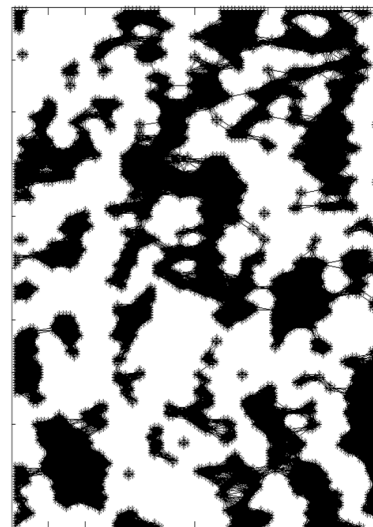
$$b[m, n] = (2^B - 1) \times \frac{a[m, n] - \text{minimum}}{\text{maximum} - \text{minimum}} \quad (1)$$

dimana $b[m, n]$ adalah nilai piksel hasil perbaikan kontras, B adalah pangkat untuk indek warna



(a) Citra asli dari sampel. (b) Citra hasil preprosesing. (c) Citra biner dari citra 5(b).

Gambar 5: Pemrosesan awal citra sampel.



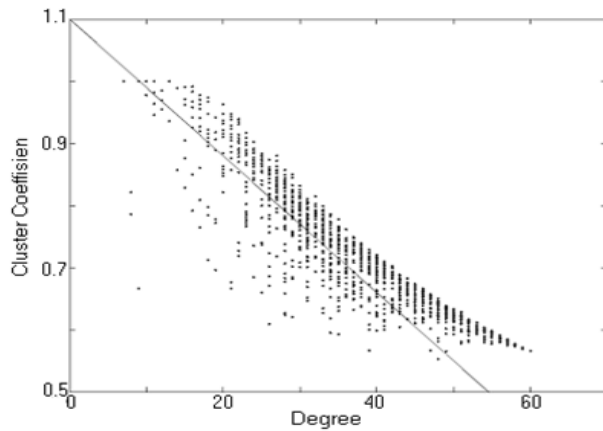
Gambar 6: *Graph* yang dibangun dari citra sampel.

(catatan: warna abu-abu (*gray*) ditunjukkan dengan $B = 8$), dan $a[m, n]$ adalah nilai piksel citra asal.

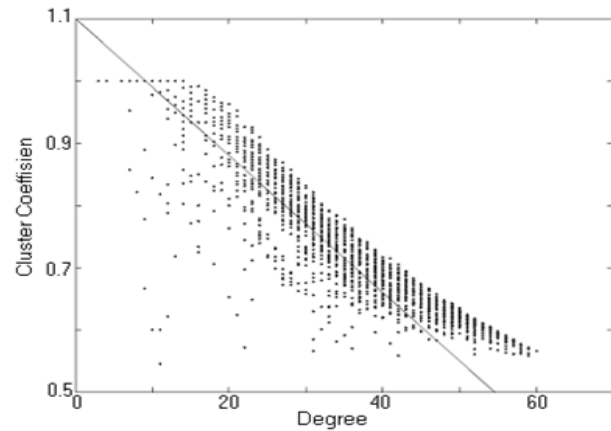
Gambar 5(b), citra *trabeculae* hasil dari proses morfologi dan peningkatan kontras. *Graph* yang akan dibangun memerlukan nilai satu atau nol. Satu dianggap sebagai simpul dan nol dianggap sebagai bukan simpul. Nilai satu dan nol dapat diperoleh dengan mengubah citra obyek *trabeculae* ke bentuk citra biner (Gambar 5(c)). Pada penelitian ini, metode untuk mengubah citra ke bentuk citra biner menggunakan *thresholding* dengan metode otsu [13]. Dalam pembentukan *graph* pada penelitian ini, piksel putih dianggap sebagai suatu simpul.

Pembangkitan *Graph*

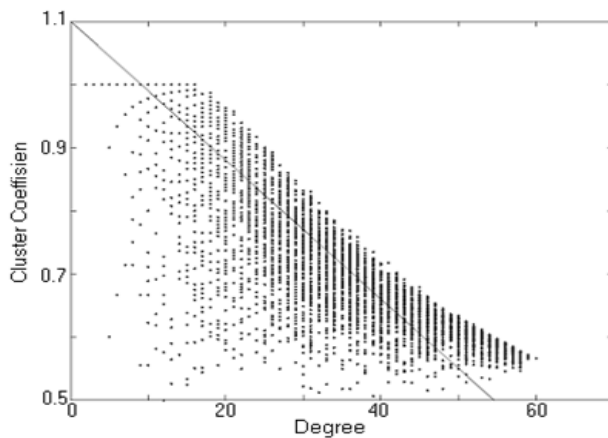
Hasil dari proses penentuan obyek berupa citra biner, nilai nol dan satu dari citra biner dijadikan acuan pembentukan *graph*. Piksel bernilai satu mewakili sebagai *trabeculae*. Piksel bernilai nol dianggap sebagai simpul. Diasumsikan bahwa setiap simpul pada sampel dianggap se-



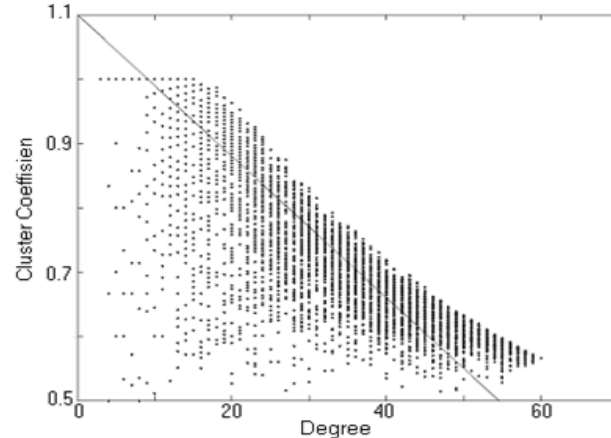
(a) Grafik dari citra sampel normal (jumlah simpul 1538 buah).



(b) Grafik dari citra sampel normal (jumlah simpul 2408 buah).



(c) Grafik dari citra sampel osteoporosis (jumlah simpul 5234 buah).



(d) Grafik dari citra sampel osteoporosis (jumlah simpul 5408 buah).

Gambar 7: Grafik karakter dari graph di ruang keistimewaan.

bagai simpul terasing yang tidak terhubung dengan busur. Pembentukan *graph* diawali dengan penghubungan setiap simpul dengan semua simpul yang lain dengan suatu busur. Pembangkitan busur-busur dalam pembentukan *graph* menggunakan *random graph* metode Erdos dan Royi. Simpul yang saling terhubung dihitung probabilitasnya dengan metode waxman [14], Persamaan (2). Nilai probabilitas rendah menunjukkan bahwa dua simpul mempunyai jarak yang jauh (panjang).

$$P(v, u) = \alpha \cdot e^{-d(u,v)/\beta \cdot L} \quad (2)$$

Nilai L adalah jarak terjauh dari semua pasangan simpul, α, β adalah bilangan konstan dengan besar antara nol sampai dengan satu, dan $d(u, v)$ adalah jarak *euclidean* antara simpul u dan v .

Gambar 6 adalah *graph* yang dibentuk dari citra sampel Gambar 5(c). Tampak pada Gambar 6, garis-garis yang merupakan busur dari *graph*. Pada bagian tertentu, garis-garis saling berhimpitan sehingga membentuk suatu blok.

Busur-busur yang dimiliki oleh setiap simpul menghubungkan ke simpul yang menjadi tetangganya.

Pemberian Bobot Graph

Bobot setiap node diperoleh dari rata-rata probabilitas simpul-simpul yang menjadi tetangganya. Jika jarak antar simpul adalah dekat, bobot nilai rata-rata probabilitas dengan kecenderungan tinggi mendekati 1. Demikian pula sebaliknya, jika jarak simpul-simpul tetangga saling berjauhan, bobot cenderung mendekati 0. Kecenderungan tersebut dapat digunakan untuk mempertajam distribusi dari simpul-simpul *graph* pada ruang keistimewaan.

Menentukan Nilai Karakter Graph

Setiap simpul dari *graph* yang telah dibangun, dihitung nilai karakternya. Karakter yang dihitung adalah *degree* [15] dan *cluster coefficient* (Albert dan Bara-basi, 2002).

Cluster coefficient digunakan untuk mengetahui keterhubungan antarsimpul yang menjadi tetangga dari suatu simpul. *Degree* sebuah simpul dalam sebuah *graph* dipakai untuk menentukan kerapatan dari sebuah *graph*. Distribusi *degree* dan *cluster coefficient* dapat dibuat suatu grafik pada ruang keistimewaan. Untuk mempertegas nilai karakter *graph* di ruang keistimewaan, *degree* dan *cluster coefficient* dikalikan dengan bobot.

Menganalisa Karakter *Graph*

Prilaku dari dua kelompok citra sampel diamati kecenderungan letak data dalam ruang keistimewaan. Citra *trabeculae* jarang mempunyai kecenderungan *degree* dan *cluster coefficient* cenderung rendah. Citra *trabeculae* padat mempunyai kecenderungan *degree* dan *cluster coefficient* cenderung tinggi.

Untuk membedakan *trabeculae* di area padat atau jarang, ditarik suatu garis yang membagi dua ruang keistimewaan. Ruang untuk piksel di area jarang dan piksel di area padat. Simpul yang berada di atas garis berarti mempunyai kecenderungan berada di area padat. Simpul yang berada di bawah garis batas mempunyai kecenderungan di area jarang.

Pada penelitian ini garis yang dipakai adalah garis gradien -0.0011 yang melewati titik (0;1.1) dan (100;-0). Kemudian, persentase yang berada di area padat lebih dari 70%, simpul-simpul mempunyai kecenderungan tanda-tanda awal osteoporosis.

Gambar 7 menunjukkan grafik karakter *graph* pada ruang keistimewaan. Grafik pada Gambar 7 diperoleh dari empat orang yang berbeda. Gambar 7(a) dan Gambar 7(b) merupakan grafik dari data normal. Gambar 7(a) mempunyai jumlah simpul 1538 buah. Simpul di daerah padat sejumlah 1244 buah, sedangkan yang berada di daerah renggang sejumlah 294 buah. Jumlah simpul yang berada di daerah padat adalah 80%. Gambar 7(b) mempunyai jumlah simpul 2408 buah. Simpul di daerah padat sejumlah 1811 buah, sedangkan yang berada di daerah renggang sejumlah 597 buah. Jumlah simpul yang berada di daerah padat adalah 75%. Kedua sampel dari individu normal ini memiliki rasio di daerah padat lebih dari threshold (70%).

Gambar 7(c) dan Gambar 7(d) merupakan grafik dari data yang terkena osteoporosis. Gambar 7(c) mempunyai jumlah simpul 5234 buah. Simpul di daerah padat sejumlah 2880 buah, sedangkan yang berada di daerah renggang sejumlah 2354 buah. Jumlah simpul yang berada di daerah padat adalah 55%. Gambar 7(d) mempunyai jumlah simpul 5408 buah. Simpul di daerah padat sejumlah 2887 buah, sedangkan yang berada di daerah renggang sejumlah 2521 buah. Jumlah simpul yang berada di daerah padat adalah 53%. Sampel individu yang terkena osteoporosis ini memiliki rasio di daerah padat kurang dari threshold (70%).

SIMPULAN

Graph yang dibangun dari citra *trabeculae* di tulang *mandible* dapat digunakan untuk memperkirakan kerapatan *trabeculae*. Pengukuran kerapatan memanfaatkan karakter *graph*. Karakter *graph* yang dipakai dalam penelitian ini adalah *degree* dan *cluster coefficient*. *Degree* dan

cluster coefficient di bawah ke ruang keistimewaan. Rasio dari jumlah *trabeculae* pada area padat pada ruang keistimewaan dapat digunakan untuk melihat kecenderungan terhadap tanda-tanda awal osteoporosis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raisz, L.G.: *Pathogenesis of Osteoporosis: Concepts, Conflicts, and Prospects*. The Journal of Clinical Investigation **115**(1) (2005) 3318–3325
- [2] WHO Technical Report Seri 921: *Prevention and Management of Osteoporosis*. Technical report, WHO Scientific Group (2003)
- [3] Horner, K., Devlin, H.: *The Relationships Between Two Indices of Mandibular Bone Quality and Bone Mineral Density Measured by Dual Energy X-ray Absorptiometry*. Dentomaxillofacial Radiology **27**(1) (1998) 17–21
- [4] Horner, K., Devlin, H.: *Mandibular Radiometric Indices in the Diagnosis of Reduce Skeletal Bone Mineral Density*. (2002)
- [5] White, S.C., Taguchi, A., Kao, D., Wu, S., Service, S.K., Yoon, D., Sueti, Y., Nakamoto, T., Tanimoto, K.: *Clinical and Panoramic Predictors of Femur Bone Mineral Density*. Osteoporosis International **16**(3) (2004) 339–346
- [6] Taguchi, A., Tsuda, M., Ohtsuka, M., Kodama, I., Sanada, M., Nakamoto, T., Inagaki, K., Noguchi, T., Kudo, Y., Sueti, Y., Tanimoto, K., Bollen, A.M.: *Use of Dental Panoramic Radiographs in Identifying Younger Postmenopausal Women with Osteoporosis*. Osteoporosis International **17**(3) (2005) 387–394
- [7] Taguchi, A., Sueti, Y., Sanada, M., Ohtsuka, M., Nakamoto, T., Sumida, H., Ohama, K., Tanimoto, K.: *Validation of Dental Panoramic Radiography Measures for Identifying Postmenopausal Women with Spinal Osteoporosis*. American Journal of Roentgenology **183**(6) (2004) 1755–1760
- [8] Taguchi, A., Ohtsuka, M., Nakamoto, T. dkk: *Identification of Post-Menopausal Women at Risk of Osteoporosis by Trained General Dental Practitioners Using Panoramic Radiographs*. Dentomaxillofacial Radiology **36** (2007) 149–154
- [9] Arifin, Z. A., Asano, A., Taguchi, A., Nakamoto, T.: *Computer aided System for Measuring the Mandibular Cortical Width on Dental Panoramic Radiographs in Identifying Postmenopausal Women With Low Bone Mineral Density*. Osteoporosis International **17** (2006) 753–759
- [10] Bozic, M., Hren, N. I.: *Osteoporosis and Mandibles*. Dentomaxillofacial Radiology **35** (2005) 178–184
- [11] White, S. C., Atchinson, K.A., Gornbein, J.A., Nattiv, A., Hill, P., Service, S.K., Yoon, D.C.: *Change in Mandibular Trabecular Pattern in Hip Fracture*

in Elderly Women. *Dentomaxillofacial Radiology* **34** (2005) 168–174

- [12] Yasar, F., Akgunlu, F.: *The Differences in Panoramic Mandibular Indices and Fractal Dimension Between With and Without Spinal Osteoporosis*. *Dentomaxillofacial Radiology* **35** (2006) 1–9
- [13] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Eddins, S. L.: *Digital*

Image Processing. Prentice Hall, New Jersey (2002)

- [14] Gunduz, C., Yener, B., dan Gultekin, S. H.: *The Cell Graphs of Cancer*. *Bioinformatic* **20** (2004) i145–i151
- [15] Diestel, Reinhard: *Graph Theory Electronic Edition*. Springer-Verlag, New York (2000)