

KARAKTERISASI *SQUAMOUS CELL CARCINOMA* PADA RAHANG BAWAH DENGAN METODE PENGENALAN POLA PADA CITRA RADIOGRAF PANORAMIK DIGITAL

Sri Lestari¹, Rini Widyaningrum²

*Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Respati Yogyakarta¹,
Jl. Laksda Adisucipto, km 6,3, Depok, Sleman, Yogyakarta
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada².
Jl. Denta, Sekip Utara, Yogyakarta,
E-mail: lestari2411@gmail.com¹, riniweee@gmail.com²*

ABSTRACT

Tumour is a pathologic condition that frequently occur in the jaws. Diagnosis is an important process to determine the type of tumour for the patient, especially malignant tumour. A precise and correct diagnosis and supported by a precise treatment planning will support the recovery and a better life expectation for the patient. One of the imaging techniques that commonly used is panoramic radiography. As the objective of this research is to acquire a pattern recognition method on the panoramic radiograph for type of tumour detection in the jaws.

The image processing method that applied involve histogram equalization, edge detection, and binary image. The processing has been done by considering the shape, edge, and the characteristic of the tumour. The result of image processing compared with the interpretation by the dentist as the reference analysis.

The analysis of the image processing result were appropriate with the dentist's interpretation for the case of malignant tumour. As the case of malignant tumour that has been observed was squamous cell carcinoma. The result of pattern recognition on the case of malignant tumour showed unobvious edges, the content of the lesion has radiopaque and radiolucency composition, and the defect of mandibular cortical that can be seen obviously.

Keyword : Panoramic, Tumour, Jaw, Malignant, Edge Detection, Binary, Mandibular.

1. PENDAHULUAN

Unit radiologi merupakan sebuah unit pelayanan yang memiliki peran penting di rumah sakit, yang melayani keperluan pencitraan medis menggunakan pesawat sinar-X. Dalam bidang kedokteran gigi, instrumentasi medis menggunakan sumber radiasi sinar-X telah banyak digunakan. Terdapat teknik pencitraan intra oral dan ekstra oral atau yang lebih sering dikenal dengan metode periapikal dan panoramik.

Karakteristik sebuah lesi patologis seringkali tidak dapat diamati secara langsung melalui pemeriksaan klinis, sehingga dokter gigi memerlukan

pemeriksaan pendukung dengan cara mengamati gambaran (citra) lesi tersebut melalui radiograf, atau yang lazim dikenal dengan istilah rontgen gigi. Karakterisasi yang tepat untuk abnormalitas pada rahang adalah hal yang penting untuk memastikan perawatan yang tepat bagi pasien dan mereduksi angka kesakitan (*morbidity*).

Teknik pencitraan berperan penting dalam karakterisasi lesi pada rahang, dan seorang radiologis diharapkan untuk mampu mengidentifikasi dengan baik karakteristik setiap lesi yang tampak pada radiograf. Hal ini dikarenakan gigi dan rahang merupakan jaringan keras, namun di dalam struktur gigi dan rahang terdapat jaringan lunak berupa

syaraf dan pembuluh darah yang sering mengalami kondisi patologis yang mengganggu kesehatan pasien. Beberapa jenis lesi jinak dan ganas dapat terjadi pada mandibula. Evaluasi radiologis yang tepat terhadap suatu lesi akan memberikan dampak yang signifikan dalam proses diagnosa dan perawatan yang tepat bagi pasien.

Studi tentang tampilan radiografis lesi pada rahang menjadi hal yang cukup menarik untuk dikaji. Radiograf panoramik digunakan untuk menentukan lokasi lesi, struktur lesi dan kondisi impaksi gigi pada rahang. Dalam dijelaskan bahwa untuk menentukan karakteristik suatu lesi, dokter gigi harus memperhatikan beberapa informasi penting antara lain lokasi anatomisnya, bagaimana bentuk dan gambaran tepi lesinya, bagaimana gambaran struktur internal dari lesi tersebut, dan bagaimana efek lesi tersebut terhadap struktur anatomi di sekitarnya.

Dalam rangka meningkatkan kemanfaatan radiograf panoramik digital untuk deteksi lesi pada rahang, maka diperlukan kajian untuk memperoleh metode pengenalan pola yang efektif untuk menampilkan karakteristik kondisi patologis rahang. Metode ini diharapkan mampu menghasilkan parameter yang dapat digunakan oleh dokter gigi dalam menegakkan diagnosa terhadap lesi pada rahang, khususnya untuk menyajikan informasi bentuk dan gambaran tepi lesinya, serta gambaran struktur internal lesi. Pada jangka panjangnya, dapat dibangun sistem berbantuan computer untuk deteksi tumor pada rahang, sehingga bermanfaat bagi dokter gigi.

2. LANDASAN TEORI

Profil garis menunjukkan variasi nilai *grey level* citra terhadap posisi piksel. Sumbu-X mewakili posisi piksel, sedangkan sumbu-Y menyatakan nilai intensitas *grey level*. Histogram mengelompokkan jumlah piksel yang mempunyai tingkat keabuan yang sama tapi tidak memberikan petunjuk dimana letak piksel tersebut di dalam citra.

Saat sinar-X melewati materi, sinar-X mengalami pelemahan yang besarnya tergantung pada hamburan dan serapan. Hukum Lambert menyatakan hubungan antara ketebalan bahan dan koefisien pelemahan sebagaimana dinyatakan dalam persamaan 1.

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu x \dots\dots\dots(1)$$

dengan I adalah intensitas sinar-X yang melewati bahan (obyek), I_0 adalah intensitas awal sinar-X sebelum melewati bahan, μ adalah koefisien pelemahan linear, dan x adalah tebal bahan. Adanya interaksi tersebut mengakibatkan variasi intensitas berkas sinar-X setelah melewati bahan, sehingga dapat terbentuk citra radiograf.

Radiografi merupakan teknik pencitraan untuk menghasilkan citra radiograf. Teknik ini memanfaatkan sinar-X sebagai sumber untuk mencitrakan obyek. Dalam bidang medis, radiografi umum digunakan untuk membantu penegakan diagnosa, khususnya untuk mendapatkan informasi kondisi bagian dalam tubuh yang tidak dapat diamati secara langsung pada pemeriksaan klinis. Praktek kedokteran gigi merupakan salah satu bidang yang sangat memerlukan radiografi. Salah satu teknik radiografi ekstraoral yang banyak dimanfaatkan di bidang kedokteran gigi adalah teknik *radiografi panoramik*.

Rahang manusia tersusun dari 2 tulang utama, yaitu tulang rahang atas (maksila) dan tulang rahang bawah (mandibula). Kondisi patologis rahang sangat variatif, dimana setiap jenisnya dicirikan dengan tanda - tanda klinis dan radiografis yang spesifik dan khas.

Lesi tumor yang bersifat *benigna* (jinak) memiliki batas jelas dan tegas pada tampilan radiograf. Bentuk lesi dapat dibedakan menjadi bentuk sirkuler / membulat menyerupai balon yang menggambarkan suatu kista, dan bentuk *scalloped (pearl shell structure)* dengan tepian semisirkuler yang saling menyambung menggambarkan

sejumlah tumor multioklular semacam *simple bone cyst* dan *odontogenic keratocyst*.

Adapun batas lesi yang tidak tegas dapat berupa gambaran tepian yang bercampur (*blending*) antara bentukan trabekula tulang yang normal dengan trabekula tulang yang abnormal, batas lesi invansif dengan bentukan menyerupai jari (*fingerlike or bay-type extensions*) menggambarkan tumor ganas yang disertai destruksi tulang secara cepat. Lebih lanjut dalam ditambahkan bahwa tumor ganas secara radiografis memberikan gambaran berupa kerusakan / destruksi tepi tulang (korteks) dan batas lesi radiolusen yang menyerupai sarang lebah.

3. METODE PENELITIAN

Paragraf penelitian yang dilakukan adalah untuk deteksi tumor jinak dan tumor ganas pada rahang manusia dengan mempertimbangkan karakter batas tepi, isi, dan bentuk lesi tumor yang tercitrakan pada *radiograf panoramik digital*. Metode deteksi tepi akan diterapkan pada daerah yang diamati (ROI), dan ekstraksi informasi fisis berupa intensitas *gray level* akan diterapkan pada bagian dalam lesi.

Pada penelitian ini dilakukan pengenalan pola dari tumor rahang, khususnya rahang bawah (mandibular). Diagnosa dari gambaran radiograf berdasarkan interpretasi dari dokter gigi di bidang radiologi. Hasil interpretasi tersebut menjadi acuan dalam analisis hasil pengenalan pola. Penyesuaian antara analisis pengenalan pola dengan interpretasi dari dokter gigi merupakan data karakteristik pola tumor rahang. Data karakteristik tersebut merupakan hasil akhir dari penelitian ini, dan selanjutnya dijadikan sebagai *data base* untuk penelitian selanjutnya dalam upaya untuk pembuatan sistem berbantuan komputer.

Komputasi yang dilakukan dalam penelitian ini tidak ditujukan untuk menggantikan keahlian seorang dokter gigi, tapi ditujukan untuk optimasi diagnosa medis. Selanjutnya hasil ekstraksi ciri lesi patologis pada radiograf panoramik akan

dijadikan input untuk membangun sistem kecerdasan komputasional yang mampu mendeskripsikan gambaran lesi patologis rahang pada radiograf panoramik.

Teknologi komputasi yang diterapkan dalam penelitian ini lebih lanjut diharapkan dapat dimanfaatkan oleh klinisi / dokter gigi untuk membantu melakukan pelayanan pasien secara lebih baik dengan waktu yang lebih efisien. Sesuai dengan pendapat dari penelitian sebelumnya, keberadaan sistem diagnosa berbantuan komputer diharapkan dapat mengatasi keterbatasan interpretasi manual yang bersifat *time consuming* dan *observer dependent*.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra radiograf panoramik digital yang telah memenuhi kriteria *quality assurance* (QA) yang dilakukan oleh dokter gigi yang berpengalaman dalam radiologi kedokteran gigi. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer, *Software* prosesing radiografi digital: *DBSWin 4.5* dari *Durr Dental*, dan *ImageJ*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektromedis Universitas Respati Yogyakarta dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Prof Soedomo Fakultas Kedokteran Gigi (FKG) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penelitian ini telah mendapatkan keterangan kelaikan etik dari Unit Etika dan Advokasi, FKG UGM.

Adapun *region of interest* (ROI) yang digunakan dalam penelitian ini adalah area rahang yang mengalami kondisi patologis tumor ganas (maligna) yang tercitrakan pada radiograf panoramik. Penentuan lokasi ROI dilakukan dengan bantuan ahli radiologi kedokteran gigi. Interpretasi hasil ekstraksi informasi fisis dari citra radiograf dan metode pengenalan pola dibandingkan dengan interpretasi dari dokter gigi. Adapun parameter analisis yang digunakan meliputi bentuk lesi, batas tepi lesi, dan isi lesi, serta pengaruhnya pada jaringan di sekitarnya. Analisis dilakukan berdasarkan plot profile dan visualisasi citra biner dari ROI.

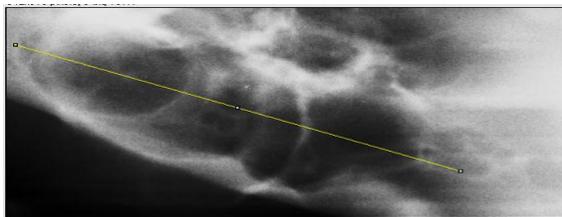
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Citra

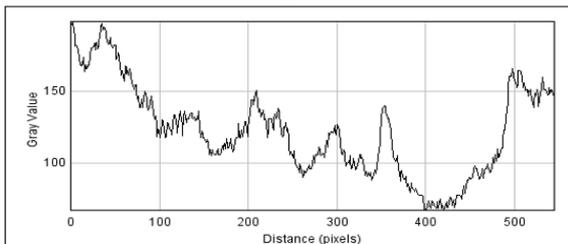
Dari seleksi citra *radiograf panoramic digital*, diperoleh citra radiograf sebanyak 25 (dua puluh lima) buah citra yang dapat dijadikan data dalam penelitian. Citra *radiograf panoramic digital* yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra original yang belum dilakukan proses pengolahan citra. Citra asli adalah citra 8-bit, disimpan dalam format *bitmap* (*.bmp) berukuran 2963 x 1446 piksel.

Citra radiograf asli memiliki intensitas tinggi tetapi kontras yang rendah, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan diagnosis terhadap citra tersebut. Oleh karena itu dilakukan perbaikan kualitas citra dengan *image enhancement*, sehingga diperoleh citra dengan kontras yang lebih baik.

Perbaikan kontras yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan teknik ekualisasi histogram. Dengan teknik ini, tidak terjadi perubahan nilai piksel. Tujuan dari teknik ini adalah untuk menghasilkan histogram citra yang seragam. Hasil ekualisasi akan tetap memiliki puncak dan lembah intensitas *grey level*. Akan tetapi puncak dan lembah tersebut akan digeser. Histogram hasil ekualisasi akan lebih disebar (spreading).



a



b

Gambar 1. Analisis Plot Profil (a) *Region of Interest* dari citra *radiograf panoramic digital* yang merepresentasikan lesi pada rahang bawah

(b) Hasil Plot Profil Sepanjang Garis Linear yang Diseleksi.

Distribusi ulang terhadap histogram awal dilakukan dengan memetakan setiap nilai piksel pada histogram awal menjadi nilai piksel baru dengan cara sebagaimana dinyatakan dalam persamaan 2.

$$n(g) = \max\left(0, \text{round}\left[\frac{(L-1) * c(g)}{N} - 1\right]\right) \dots\dots\dots(2)$$

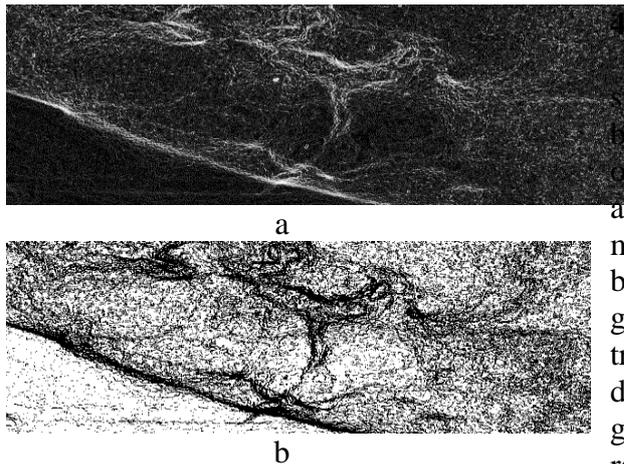
dengan $n(g)$ adalah nilai piksel baru, N menyatakan banyaknya piksel pada citra, g menyatakan nilai *gray level* awal yang nilainya dari 1 hingga $L-1$ (L menyatakan nilai *gray level* maksimum). Sedangkan $c(g)$ menyatakan banyaknya piksel yang memiliki nilai sama dengan g atau kurang yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai persamaan 3.

$$c(g) = \sum_{i=1}^g h(i), \dots\dots\dots(3)$$

dengan $g = 1, 2, \dots, L-1$, $h(i)$ menyatakan histogram awal.

Seleksi *region of interest* (ROI) dilakukan untuk lebih focus mengamati lesi pada rahang. Ukuran ROI berbeda-beda untuk masing-masing citra. Hal ini dikarenakan ukuran lesi yang berbeda - beda untuk masing-masing subyek. Citra ROI hasil seleksi menjadi citra input dalam proses pengolahan citra selanjutnya. Gambar 1 (a) menunjukkan hasil seleksi ROI dari citra *radiograf panoramic digital* yang merepresentasikan lesi pada rahang bawah.

Profil *gray level* dapat ditunjukkan dengan menggunakan *plot profile*. *Plot profile* memperlihatkan grafik dua dimensi dari intensitas dan piksel sepanjang garis yang telah dibuat pada citra yang diamati. Sumbu-X merepresentasikan jarak sepanjang garis seleksi dan sumbu-Y merepresentasikan intensitas piksel. Adapun proses yang dilakukan untuk membuat *plot profile* ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar2. Proses Deteksi Tepi dan Binerisasi Citra ROI (a) Deteksi Tepi, (b) Citra Biner.

Hasil *plot profile* digunakan untuk menganalisis pola batas area radiopak dan radiolusen dari lesi dan isi lesi. Analisis dilakukan dengan mengamati pola gradasi *grey level* yang membentuk puncak dan lembah dalam *plot profile*. Gradasi yang signifikan menunjukkan adanya perubahan intensitas yang relatif signifikan antara piksel yang berdekatan.

Gambar 2 (a) merupakan hasil deteksi tepi dari citra ROI. Deteksi batas lesi dilakukan dengan melakukan deteksi tepi. Adapun proses deteksi tepi dalam penelitian ini menggunakan detektor tepi Sobel. Deteksi Sobel dilakukan untuk mempertegas perubahan intensitas yang tajam pada citra.

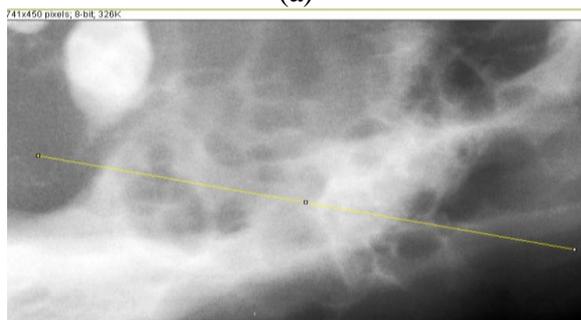
Citra hasil deteksi tepi digunakan sebagai input untuk dijadikan citra biner. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra *black and white* (B&W) atau citra monokrom. Binerisasi citra dilakukan untuk mempertegas batas lesi dan melihat kondisi tulang kortikal akibat pengaruh lesi. Gambar 2 menunjukkan citra hasil deteksi tepi dan citra biner. Dari citra hasil deteksi tepi belum dapat dilakukan analisis secara detail. Analisis dapat dilakukan setelah citra hasil deteksi tepi dijadikan citra biner.

2. Analisis Hasil

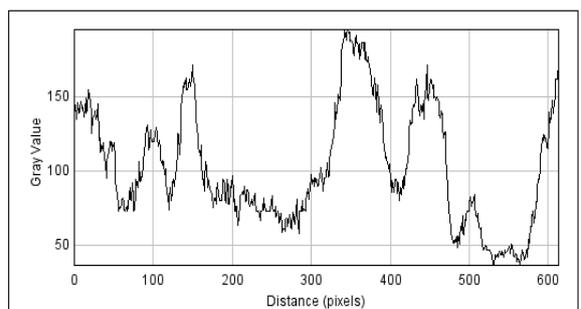
Dalam penelitian ini ditemukan 2 (dua) subyek dengan lesi tumor ganas pada rahang bawah. Kedua kasus tumor ganas didiagnosis oleh dokter gigi sebagai *metastase maligna* atau *squamous cell carcinoma*. Gambar 3 menunjukkan ROI dari lesi tumor ganas berikut profil garisnya. Secara umum, tumor ganas akan menyebabkan kerusakan pada trabekula dan korteks sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 (a). Isi lesi tumor ganas menunjukkan intensitas campuran radiopak dan radiolusen. Jika ditinjau batas lesi, maka batas lesi memiliki intensitas tinggi (radiopak) namun tidak jelas batasnya.



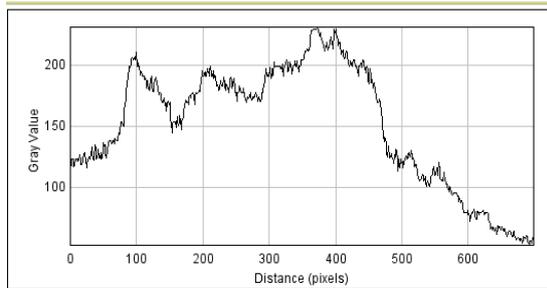
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. ROI Dari Lesi Tumor Ganas dan Plot Profil Berdasarkan Garis Seleksi.

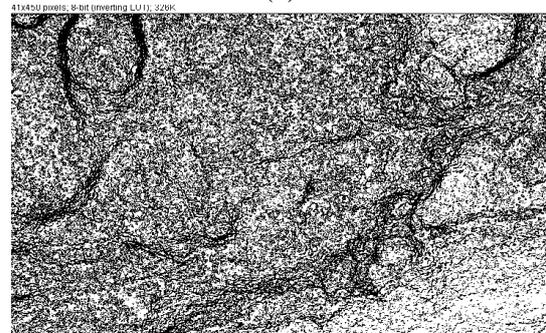
Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan citra ROI dari lesi tumor ganas. Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diamati bahwa lesi memiliki batas yang tidak jelas. Di dalam lesi terdapat gambaran radiopak dan radiolusen. Pada bagian tulang kortikal, terlihat bahwa tulang korteks tidak berada pada kondisi kompak (solid) sebagaimana kondisi normal.

Gambar 3 (c) merupakan profil garis yang diperoleh jika ditarik garis linear dari kiri ke kanan dari Gambar 3 (a). Berdasarkan profil garis, dapat diamati bahwa pola yang terbentuk menunjukkan banyak puncak intensitas. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat bagian-bagian radiopak dan radiolusen di dalam lesi.

Gambar 3 (d) merupakan profil garis dari Gambar 3 (b). Profil garis menunjukkan adanya kenaikan atau penurunan intensitas yang signifikan pada jarak piksel yang relatif pendek, sehingga menunjukkan adanya gradasi intensitas yang tajam. Misal pada Gambar 3 (c) antara jarak piksel 200 hingga 300 intensitas rata-ratanya adalah 74,89. Intensitas mengalami kenaikan secara signifikan dari jarak piksel 300-350 dengan nilai intensitas puncaknya adalah 195,28 pada jarak piksel 347. Pada Gambar 3 (d) Intensitas derajat keabuan antara 200-300 rata-rata adalah 182,92, dengan puncak intensitas 231,09 pada jarak 374 piksel dari titik awal garis seleksi.



(a)



(b)

Gambar 4. Citra Biner Dari Lesi Tumor Ganas.

Gambar 4 merupakan citra biner dari ROI subyek yang mengalami *metastase maligna, squamous cell carcinoma* yang termasuk ke dalam klasifikasi tumor ganas. Berdasarkan 4 (a) dan (b), tidak terlihat gambaran korteks yang solid. Hal ini merupakan salah satu karakteristik tumor ganas, yaitu mengakibatkan kerusakan pada jaringan di sekitarnya. Berdasarkan gambar, dapat diamati pula bahwa di dalam lesi terdapat batas - batas yang tidak jelas.

4.3. Diskusi

Pemeriksaan radiografi dalam pemeriksaan kedokteran gigi meliputi berbagai kasus yang terjadi pada gigi dan mulut. Tumor pada rahang merupakan salah satu kondisi patologis yang memerlukan pemeriksaan radiografi dalam upaya penegakan diagnosanya. Dalam kondisi di lapangan, kasus tumor pada rahang adalah kasus yang tidak selalu ada dalam kurun waktu tertentu. Oleh karena itu, data yang diperoleh pada penelitian ini relatif sedikit. Kejadian kasus tumor jinak relatif lebih

banyak ditemukan daripada tumor ganas. Dalam proses penelitian ini, kasus tumor ganas hanya ditemukan 2 (dua) dari total keseluruhan data. Hal ini menjadi kendala dalam pelaksanaan penelitian ini.

Analisis yang dilakukan pada hasil pengolahan untuk kasus tumor ganas menunjukkan karakteristik tumor ganas sebagaimana yang dijelaskan dalam[3]. Tumor ganas memiliki batas lesi yang tidak tegas. Pada umumnya disertai dengan destruksi tulang secara cepat. Pada hasil pengolahan citra juga diperoleh gambaran berupa kerusakan tepi tulang (korteks).

Citra yang digunakan sebagai data dalam penelitian ini adalah citra original yang belum mengalami pengolahan. Hal ini dimaksudkan agar pengolahan citra dapat dilakukan dengan metode yang dapat diterapkan secara umum dengan mempertahankan nilai - nilai data yang asli. Analisis yang dilakukan terhadap profil garis dan citra biner, pada umumnya sesuai dengan interpretasi yang diberikan oleh dokter gigi.

Hasil penelitian ini merupakan data awal yang masih perlu dilanjutkan dalam penelitian berikutnya. Data karakteristik tumor pada rahang masih perlu untuk ditambah. Hal ini memerlukan lebih banyak data dan studi yang lebih komprehensif. Adapun hasil pengolahan citra dalam penelitian ini secara umum memberikan hasil yang mendukung interpretasi lesi tumor pada rahang yang dilakukan oleh dokter gigi. Oleh karena itu, metode pengolahan citra dalam penelitian ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya dalam upaya untuk melengkapi data karakteristik tumor pada rahang. Data karakteristik tumor pada rahang menjadi hal mendasar yang sangat penting dalam upaya membangun sistem berbantuan komputer untuk deteksi tumor rahang.

Data numerik yang dapat dijadikan nilai parameter sangat diperlukan untuk dijadikan sebagai input sistem berbantuan computer yang ingin dibangun. Nilai numerik yang dimaksud dapat berupa ketegasan tepi lesi dan batas lesi untuk menentukan bentuk lesi.

Adapun dari hasil *plot profile* dari metode ini, maka dapat diamati pola lesi dari radiograf pasien. Perlu adanya penyesuaian atau pelatihan bagi user untuk dapat menganalisis status tumor dari hasil plot profil.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu metode pengenalan pola yang dilakukan adalah serangkaian pengolahan citra yang meliputi ekualisasi histogram, deteksi tepi, dan binerisasi citra. Metode pengenalan pola yang dilakukan cukup efektif, ditunjukkan dengan kesesuaian analisis hasil dengan interpretasi yang diberikan oleh dokter gigi. Data karakteristik tumor ganas pada rahang meliputi kasus *metastase maligna* atau *squamous cell carcinoma*.

Adapun saran yang dapat diusulkan berdasarkan hasil penelitian adalah perlu penelitian lebih lanjut menggunakan metode deteksi tepi yang lain agar diperoleh gambaran batas yang jelas. Hal ini mengingat bahwa batas lesi adalah parameter penting dalam penentuan karakter lesi.

DAFTAR PUSTAKA

- Araki M., Matsumoto N., Matsumoto K., Ohnishi M., Honda K., and Koniya K. "Asymptomatic radiopaque lesions of the jaws: a radiographic study using cone-beam computed tomography", *Journal of Oral Science*, Vol 53, No.4, 439-444, 2011.
- Devlin CV, Horner K, and Devlin, K. "Variability in measurement of radiomorphometric indices by general dental practitioners", *Dentomaxillofacial Radiology* 30, 120-125, 2001.
- Dunfee B.L., Sakai O., Pistey R., and Gohel A., "Radiologic and pathologic characteristics of benign and malignant lesions of the

- mandible”, *RadioGraphics*; 26: 1751-1768, 2006.
- Hartati, S., “Soft Computing Application Development for Diagnosing Heavy Protein Deficiency Using Neural Network Technique”, *Proceedings Jogja International Physics Conference*, Yogyakarta, September 2007.
- Krane, K.S., 1992. *Fisika Modern*. Jakarta: UI-Press, 1992.
- Langaroodi, A.J., Lari, S.S., Ahokri, A., Zarch, S.H.H., Jamshidi, S., dan Akbari, P. 2014. Intraosseous Benign Lesions of the Jaws: A Radiographic Study. *Iran J Radiol*: 11(1): e7683, January 2014.
- Lestari, S., Nugroho, W., dan Suparta, G. B., “Metode ekstraksi informasi fisis multi-citra radiografi digital”. *Jurnal Fisika Indonesia* No.38, Vol XIII, hal.48-56, 2009.
- Meyer, K.A., Bancroft L.W., Dietrich T.J., Krandsdorf M.J., and Peterson J.J. 2011. “Imaging characteristics of benign, malignant, and infectious jaw lesions: a pictorial review”, *AJR*; 197: W412-W421, 2011. White dan Pharoah, 2000.
- White S.C, and Pharoah M.J., *Oral Radiology Principles and Interpretations*, 4th ed., Mosby Toronto, 2000.
- Widyaningrum R, “Radiografi Dental Digital pada Praktek Kedokteran Gigi”, *Proceeding Ceramah Ilmiah dalam Rangka Dies Natalis FKG UGM ke-62*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Februari 2009.