

DETEKSI CITRA GRANULOMA PADA RADIOGRAF PERIAPIKAL DENGAN METODE *WATERSHED* dan KLASIFIKASI *SUPPORT VECTOR MACHINE*

GRANULOMA IMAGE DETECTION ON PERIAPICAL RADIOGRAPH USING *WATERSHED* METHOD AND *SUPPORT VECTOR MACHINE* CLASSIFICATION

Fiya Rohmawati¹, Dr.Ir. Bambang Hidayat, DEA², Prof. Dr. Drg. Suhardjo, MS. SpRKG(K)³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

³Prodi S1 Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjajaran Bandung

¹fiyarahmawati@gmail.com, ²bhidayat@telkomuniversity.com, ³suhardjo_sitam@yahoo.com

Abstrak

Gigi merupakan bagian terkeras yang terdapat di dalam mulut. Apabila kesehatan dan kebersihan gigi tidak diperhatikan maka gigi dapat terserang berbagai macam penyakit gigi, sehingga dapat menimbulkan kelainan di jaringan periapikal gigi. Salah satu jenis kelainan periapikal gigi adalah granuloma. Granuloma disebabkan oleh matinya pulpa dan difusi bakteri. Granuloma akan terjadi sesaat setelah pulpa mati. Karena granuloma merupakan kelainan di jaringan periapikal maka dalam proses diagnosa dokter gigi memerlukan radiograf dari gigi pasien untuk selanjutnya di analisis. Di dalam menganalisis hasil radiograf sangat dibutuhkan ketelitian agar diagnosa yang dihasilkan akurat. Penelitian yang akan dilakukan berguna untuk membantu dokter gigi menganalisis hasil radiograf gigi pasien dalam mendiagnosa granuloma. Penelitian ini menggunakan metode segmentasi *Watershed*. Metode ini merupakan metode yang cukup baik dalam menganalisis hasil segmentasi sebuah citra. Untuk pengklasifikasian, sistem ini menggunakan *Support Vector Machine*. Hasil akurasi sistem yang diperoleh dengan menggunakan metode *Watershed* dan klasifikasi *Support Vector Machine* adalah 91.66%.

Kata kunci: Granuloma, *Watershed*, *Support Vector Machine*

Abstract

Teeth are the hardest part of the mouth. If the health and hygiene of teeth are not considered, the teeth can be attacked by various diseases of tooth, so can also cause abnormalities in the dental periapical tissue. One type of the periapical disorder is a granuloma.

A granuloma is caused by the death of the pulp and the diffusion of bacteria. Granuloma will occur quickly after the pulp dies. Because granuloma is a disorder in the periapical tissue, therefore in the process of diagnosis doctors require a radiograph of the patient's teeth for more analysis. In analyzing the results of the radiograph is needed thoroughness for the resulting diagnostics is accurate.

*The research will be useful to help explain the results of dental radiographs from patients while diagnosing granuloma. This research uses *Watershed* segmentation method. This method is good enough for analyzing the result of image segmentation. For analysis, this system uses a *Support Vector Machine*. The result of system accuracy obtained by using *Watershed* method and *Support Vector Machine* classification is 91.66% with a computation time of 0.214 seconds.*

Keyword: Granuloma, *Watershed*, *Support Vector Machine*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu kelainan yang terdapat di periapikal gigi adalah granuloma. Granuloma dapat disebabkan oleh difusi bakteri dari saluran akar ke dalam jaringan periradikular. Radiografi merupakan salah satu cara yang digunakan oleh para dokter gigi untuk mendiagnosa kelainan yang terdapat pada jaringan periapikal gigi. Hasil dari radiografi tersebut untuk selanjutnya dianalisis oleh dokter ahli di bidang radiologi. Di Indonesia khususnya di daerah-daerah terpencil dokter ahli di bidang radiologi masih terbilang sangat jarang.

Karena permasalahan itulah, maka diadakan suatu penelitian yang akan menghasilkan suatu program yang dapat membantu dokter gigi dalam mendiagnosa granuloma. Program ini menggunakan *image processing* berbasis Matlab yang akan mengolah citra granuloma pada radiograf periapikal menjadi citra digital. Dengan pengolahan citra granuloma tersebut diharapkan dapat membantu dan mempermudah para dokter gigi dalam menganalisis citra hasil radiograf yang mengandung granuloma.

Pada penelitian tugas akhir ini, untuk melakukan segmentasi terhadap citra digunakan metode *Watershed*. Metode *Watershed* merupakan metode segmentasi yang cukup baik. Ide dasar dari metode *Watershed* adalah untuk mencari garis *Watershed*. Selain itu untuk klasifikasinya adalah dengan menggunakan Support Vector Machine (SVM).

Ide dasar dari klasifikasi SVM ini adalah memaksimalkan hyperplane. Secara prinsip, SVM hanya dapat melakukan klasifikasi biner atau klasifikasi dua kelas, karena output dari program ini adalah 2 kelas yaitu : non-granuloma dan granuloma

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem deteksi granuloma menggunakan metode *Watershed* dan klasifikasi *Support Vector Machine*, bagaimana menganalisis performansi sistem berdasarkan hasil akurasi yang dihasilkan, parameter apa saja yang dapat menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi, dan bagaimana kinerja watershed dan klasifikasi Support Vector Machine untuk deteksi citra granuloma dibandingkan dengan metode dan klasifikasi lainnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem deteksi granuloma dengan menggunakan metode *Watershed* dan klasifikasi Support Vector Machine, menganalisis performansi sistem dengan melihat tingkat akurasi sistem dan waktu komputasi, mengetahui parameter-parameter yang memberikan hasil akurasi sistem terbaik, dan mengetahui seberapa bagus hasil yang dihasilkan dari sistem deteksi granuloma menggunakan metode *Watershed* dan klasifikasi *Support Vector Machine* jika dibandingkan dengan menggunakan metode dan klasifikasi yang lain

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat diadakan penelitian ini adalah hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat bagi dunia IT khususnya bidang Telekomunikasi untuk selalu mengembangkan aplikasi-aplikasi berbasis teknologi yang dapat mempermudah pekerjaan dalam semua bidang yang ada, untuk memperluas wawasan atau pandangan terhadap kemajuan dan perkembangan teknologi informasi dalam semua bidang, dan hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem deteksi granuloma yang bermanfaat bagi bidang ilmu kedokteran gigi.

2. Dasar Teori

2.1 Radiograf Periapikal

Dalam dunia kedokteran, pemeriksaan radiografi merupakan pemeriksaan yang dapat membantu para dokter untuk mendiagnosa suatu penyakit gigi dan mulut. Selain untuk mendiagnosa suatu penyakit radiografi gigi juga memiliki peranan sebagai pemeriksaan penunjang dan juga mengevaluasi perawatan yang akan dilakukan.

Radiografi periapikal merupakan teknik pemeriksaan yang digunakan untuk melihat kondisi keseluruhan mahkota dan akar gigi, tulang alveolar dan jaringan disekitarnya. Radiografi periapikal akan menghasilkan radiograf periapikal yang akan menunjukkan 2-4 gigi dan dapat memberikan gambaran secara rinci tentang gigi tersebut dan jaringannya [1].

2.2 Gambaran Radiografi Granuloma

Granuloma periapikal adalah kelainan pada daerah periapikal berupa jaringan radiolusen yang jaringan granulomatus (jaringan peradangan kronis) yang bersambung dengan ligamen periodontal yang merupakan daya tahan tubuh supaya penyakit periapikal tidak berkembang. Granuloma disebabkan oleh matinya pulpa dan difusi bakteri dari saluran akar ke dalam jaringan periradikular disekitarnya melalui foramen apikal dan lateral [2]. Gambaran radiografi granuloma adalah memiliki batas tidak jelas tetapi tegas. Yang berarti granuloma merupakan radiolusen yang memiliki batas tidak jelas yang melingkar dan membentuk bulatan di ujung akar dan meluas ke daerah periapikal. Berikut merupakan gambaran radiografi granuloma.



Gambar 2. 1 Gambaran Radiografi Granuloma

2.2 Konsep Citra Digital

Citra digital adalah citra yang ditangkap oleh kamera dan telah dikuantisasi kedalam bentuk nilai diskrit. Sedangkan hasil cetak dari printer tidak dapat disebut sebagai citra digital.

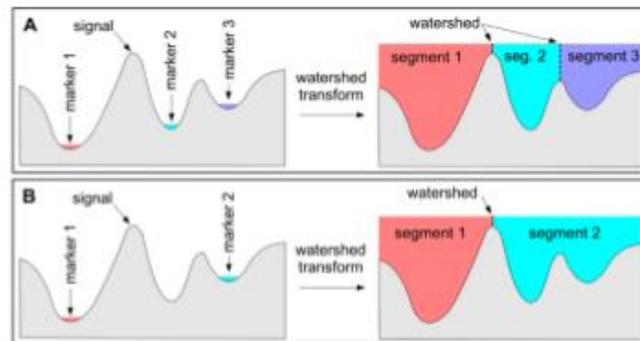
Citra digital dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah posisi koordinat sedangkan f adalah amplitudo posisi (x,y) yang dikenal sebagai nilai intensitas. Nilai intensitas bentuknya adalah diskrit yang mempunyai rentang dari 0 sampai 255.

Citra digital tersusun dari sejumlah nilai tingkat keabuan yang biasa disebut piksel (pixel). Untuk melakukan pemrosesan citra digital, maka citra analog harus dikonversi ke dalam citra digital. Proses scanning menggunakan scanner merupakan salah satu proses konversi dari citra analog menjadi citra biner.

2.3 Metode Watershed

Transformasi watershed merupakan pendekatan untuk segmentasi. Konsep dari transformasi watershed adalah menganggap bahwa sebuah citra adalah 3 dimensi. Prinsip dari transformasi watershed adalah mencari garis watershed. Garis watershed adalah garis dimana titik-titiknya merupakan titik tertinggi dari penggambaran sebuah citra ke dalam bentuk 3 dimensi yaitu posisi x dan posisi y, dimana posisi x dan y merupakan bidang dasar dan warna piksel. Dalam hal ini gray level yang mendekati warna putih memiliki ketinggian nilai yang paling tinggi [3].

Transformasi watershed merupakan metode mensegmentasi citra. Akan tetapi hasil segmentasi watershed memiliki kelemahan yaitu banyaknya noise dan oversegmentasi. Untuk mengurangi kelemahan tersebut maka dibuat marker watershed. Tujuan dari marker watershed ini adalah mendeteksi kehadiran wilayah yang sama citra dengan menyederhanakan morfologi citra. Hasil dari marker citra adalah citra biner.

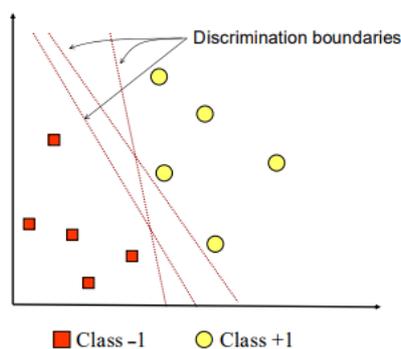


Gambar 2. 2 Ilustrasi Marker Watershed

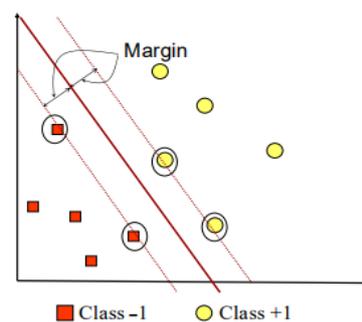
2.4 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah suatu klasifikasi yang yang dasar perhitungannya diambil dari pembelajaran statistik dan hasil dari klasifikasi ini lebih baik jika dibandingkan dengan klasifikasi yang lain. Ciri SVM adalah *low generation error*, secara komputasi tidak mahal, mudah untuk diinterpretasikan, namun sensitif pada *tunning parameter* dan pilihan kernel [4] .

Ide dasar dari SVM adalah memaksimalkan batas *hyperplane*. *Hyperplane* adalah pemisah terbaik antar dua kelas. *Hyperplane* dapat ditemukan dengan cara menghitung margin *hyperplane* dan mencari titik maksimalnya. Margin adalah jarak antara *hyperplane* dengan data terdekat dari masing-masing kelas. Data yang paling dekat biasa disebut dengan *support vector*.



Gambar 2. 2 Hyperplane yang Mungkin Terjadi



Gambar 2. 3 Hyperplane dengan Margin Maksimal

2.5 Ekstraksi Ciri Statistik

Ekstraksi ciri statistik adalah metode ekstraksi ciri yang didapat dari perhitungan statistik distribusi derajat keabuan (histogram) dengan mengukur tingkat kontras, granularitas, dan kekasaran suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra [5]. Yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi ciri orde pertama. Ekstraksi ciri orde pertama menunjukkan probabilitas kemunculan nilai derajat keabuan piksel pada suatu citra. Ekstraksi ciri orde pertama terdiri dari beberapa parameter. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Mean (μ)

Menunjukkan ukuran disperse dari suatu citra.

$$\mu = \sum_n f_n * P(f_n) \quad (2.1)$$

Dimana f_n merupakan nilai intensitas keabuan, sedangkan $P(f_n)$ merupakan nilai probabilitas kemunculan intensitas pada citra tersebut.

2. Variance (σ^2)

Menunjukkan variasi elemen pada histogram dari suatu citra

$$\sigma^2 = \sum_n (f_n - \mu)^2 * P(f_n) \quad (2.2)$$

3. Kurtosis

Ukuran intensitas puncak dari sebaran data.

$$Kurtosis = \sum_n (f_n - \mu)^3 * P(f_n) * \sigma^4 \quad (2.3)$$

4. Entropy (H)

Menunjukkan ukuran ketidakaturan bentuk dari suatu citra

$$H = - \sum_n (P(f_n))^2 * \log(P(f_n)) \quad (2.4)$$

5. Standar Deviasi (σ)

Ukuran variasi atau dispersi dari nilai-nilai data.

$$\sigma = \sum_n (f_n - \mu) * P(f_n) \quad (2.5)$$

6. Skewness

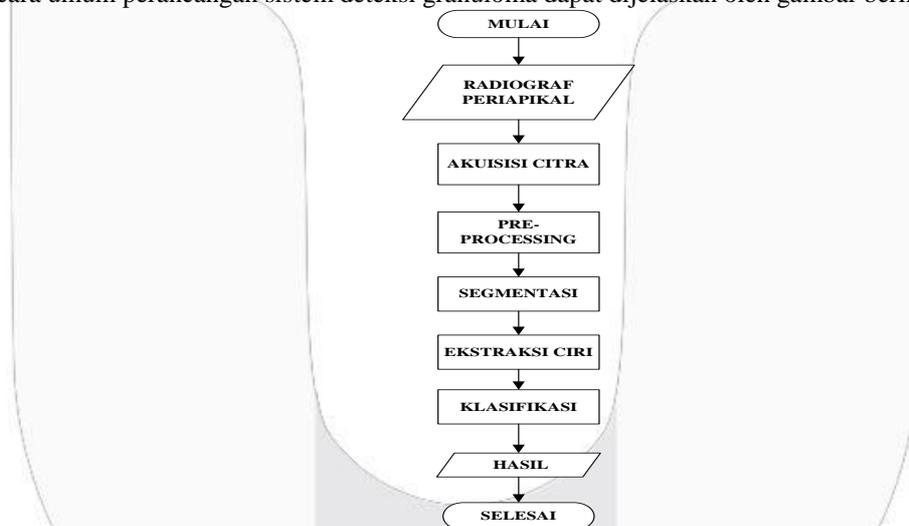
Menunjukkan kecondongan distribusi nilai suatu data.

$$Skewness = \sum_n (f_n - \mu)^3 * P(f_n) * \sigma^3 \quad (2.6)$$

3. Pembahasan

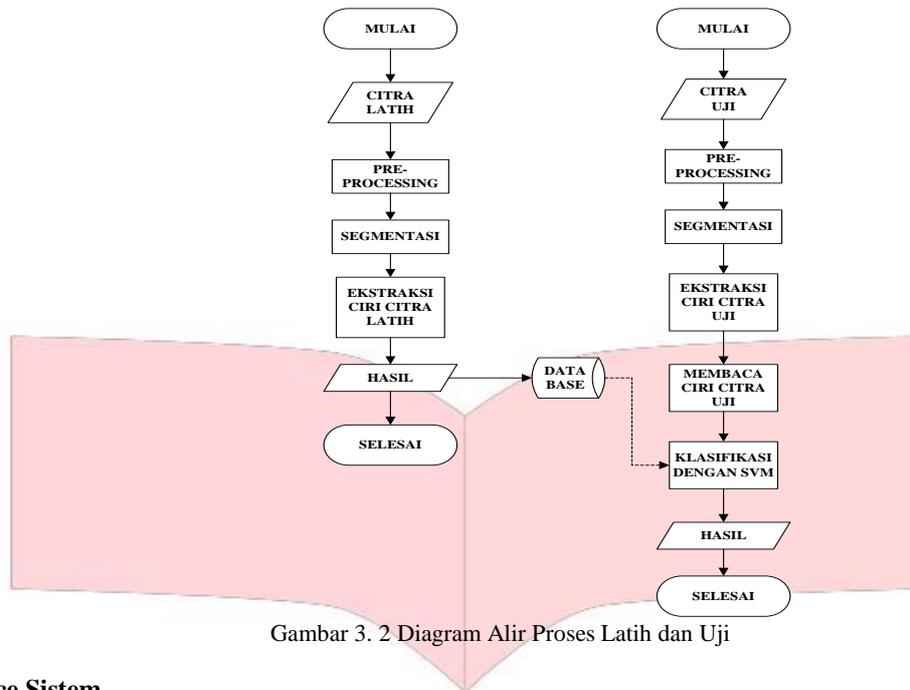
3.1 Perancangan Sistem

Secara umum perancangan sistem deteksi granuloma dapat dijelaskan oleh gambar berikut :



Gambar 3. 1 Perancangan Sistem Secara Umum

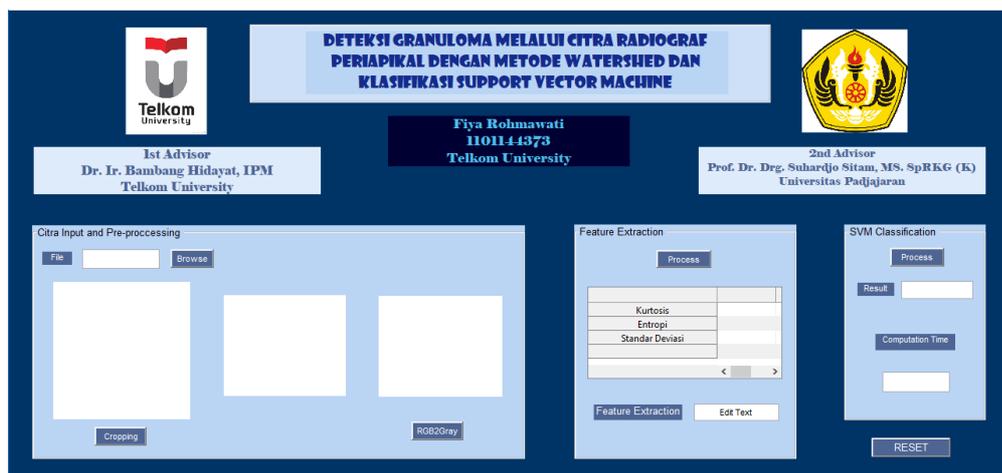
Citra yang menjadi inputan sistem adalah radiograf periapikal dari granuloma dan non-granuloma yang terletak pada gigi 2-1 dan gigi random. Data tersebut diambil di RSGM Universitas Padjadjaran yang telah di validasi oleh dokter radiologi. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah akuisisi citra radiograf periapikal. Di dalam akuisi terjadi proses perubahan dari citra analog ke citra digital dengan menggunakan *scanner*. Selanjutnya adalah *pre-processing*. Di dalam *pre-processing* terdapat beberapa tahapan yaitu *cropping*, *resize* dan *RGB2Grayscale*. Proses selanjutnya akan diteruskan ke langkah segmentasi. Metode segmentasi yang digunakan adalah metode *watershed*. Selanjutnya ke langkah ekstraksi ciri. Ekstraksi ciri berfungsi untuk melihat ciri tiap citra, ekstraksi ciri yang digunakan pada program ini adalah ekstraksi ciri orde 1, diantaranya adalah *mean*, *variansi*, *skewness*, *kurtosis*, *entropi*, dan *standar deviasi*. Setelah proses ekstraksi ciri selesai, selanjutnya adalah langkah klasifikasi. Klasifikasi yang digunakan adalah dengan menggunakan *Support Vector Machine*.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Latih dan Uji

3.2 Interface Sistem

Sistem deteksi granuloma ini dirancang dengan menggunakan GUI didalam matlab sebagai interface aplikasinya.



Gambar 3. 3 Tampilan Interface Sistem Deteksi Granuloma

3.3 Hasil Pengujian dan Analisis Sistem

1. Hasil Pengujian Skenario Pertama

Berikut merupakan hasil pengujian pada skenario pertama yaitu pengaruh penggunaan ekstraksi ciri orde 1 terhadap akurasi yang didapatkan. Dalam pengujian skenario pertama ini ekstraksi ciri orde 1 dibagi penggunaannya menjadi 3 yaitu kombinasi penggunaan 6 ekstraksi ciri, kombinasi penggunaan 3 ekstraksi ciri terbaik yaitu *kurtosis*, *entropi*, dan *standar deviasi*, untuk kombinasi penggunaan ekstraksi ciri yang terakhir adalah kombinasi penggunaan 3 ekstraksi ciri terburuk yaitu *mean*, *variasi*, dan *skewness* untuk gigi sama, dan 3 ekstraksi ciri terburuk yaitu *variansi*, *skewness*, dan *kurtosis* untuk gigi random

Tabel 3. 1 Nilai Akurasi Skenario Pertama Pada Citra Gigi Random

Citra Gigi Random			
Penggunaan Ciri	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
6 Ekstraksi Ciri	55%	11	0.0573
3 Ekstraksi Ciri Terburuk	35%	7	0.0693
3 Ekstraksi Ciri Terbaik	85%	17	0.0526

Pada pengujian skenario pertama pada citra random akurasi tertinggi didapatkan pada saat penggunaan kombinasi 3 ekstraksi ciri terbaik yaitu 85% dengan waktu komputasi 0.0526.

Tabel 3. 2 Nilai Akurasi Skenario Pertama Pada Citra Gigi Sama (Gigi 2-1)

Citra Uji Gigi Sama			
Penggunaan Ciri	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
6 Ekstraksi Ciri	66.66%	8	0.2636
3 Ekstraksi Ciri Terburuk	50%	6	0.2352
3 Ekstraksi Ciri Terbaik	91.66%	11	0.3382

Sedangkan hasil yang didapatkan pada skenario pertama dengan citra gigi sama (gigi 2-1) sama seperti citra gigi random yaitu pada saat penggunaan kombinasi 3 ekstraksi ciri terbaik mendapatkan hasil akurasi 91.66% dengan waktu komputasi 0.3382.

Pengujian skenario pertama membuktikan bahwa dalam tugas akhir ini nilai dari kurtosis, entropi, dan standar deviasi mampu menghasilkan nilai ciri terbaik untuk membedakan antara granuloma dan non-granuloma, hal dikarenakan nilai dari kurtosis, entropi, dan standar deviasi dalam tugas akhir ini memiliki nilai yang sangat fluktuatif.

2. Hasil Pengujian Skenario Kedua

Berikut merupakan hasil pengujian pengaruh ukuran resize terhadap tingkat akurasi yang diperoleh. Pada skenario kedua ini citra uji akan di resize dengan 3 ukuran, yaitu : 8x8px, 64x64px, 256x256px, dan 512x512px.

Tabel 3. 3 Nilai Akurasi Skenario Kedua Pada Citra Gigi Random

Citra Uji Gigi Random			
Pixel	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
8x8px	50%	10	0.0037
64x64px	80%	16	0.0071
256x256px	85%	17	0.0224
512x512px	45%	9	0.2227

Tingkat akurasi yang paling tinggi pada citra gigi random adalah pada saat ukuran resize 256x256px, hal itu dikarenakan ukuran citra input asli memiliki ukuran piksel diatas 150. Apabila ukuran resize terlalu kecil jika dibandingkan dengan input, maka citra akan blur sehingga dapat mengurangi tingkat akurasi.

Tabel 3. 4 Nilai Akurasi Skenario Kedua Pada Citra Gigi Sama (Gigi 2-1)

Citra Uji Gigi Sama			
Pixel	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
8x8px	50%	6	0.0047
64x64px	50%	6	0.0086
256x256px	83.33%	10	0.0591
512x512px	91.66%	11	0.2154

Hasil akurasi tertinggi yang diperoleh citra gigi sama (gigi 2-1) adalah pada saat ukuran resize piksel 512x512px, dengan nilai akurasi 91.66% dengan waktu komputasi 0.2154. Hal tersebut disebabkan oleh ukuran input citra pada gigi sama yang rata-rata memiliki ukuran piksel diatas 300.

3. Hasil Pengujian Skenario Ketiga

Berikut adalah hasil pengujian dengan menambahkan *histogram equalization* dalam penggunaan 6 kombinasi ekstraksi ciri, penggunaan 3 kombinasi ekstraksi ciri terbaik (kurtosis, entropi dan standar deviasi) dan penggunaan 3 kombinasi ekstraksi ciri terburuk (mean, variasi, dan skewness). Sama seperti skenario pertama ekstraksi ciri yang digunakan pada skenario ketiga ini adalah ekstraksi ciri orde 1.

Tabel 3. 5 Nilai Akurasi Skenario Ketiga Pada Citra Gigi Random

Citra Uji Gigi Random			
Penggunaan Ciri	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
6 Ekstraksi Ciri	65%	13	0.0547
3 Ekstraksi Ciri Terburuk	65%	13	0.0553
3 Ekstraksi Ciri Terbaik	65%	13	0.0540

Dilihat dari hasil tersebut dengan ditambahkan *histogram equalization* dapat menurunkan tingkat akurasi yang diperoleh jika dibandingkan dengan skenario pertama. Hal itu dikarenakan *histogram equalization* membuat ciri antar kelas menjadi dekat.

Tabel 3. 6 Nilai Akurasi Skenario Ketiga Pada Citra Gigi Sama (Gigi 2-1)

Citra Gigi Sama			
Penggunaan Ciri	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
6 Ekstraksi Ciri	58.33%	7	0.2210
3 Ekstraksi Ciri Terburuk	58.33%	7	0.2601
3 Ekstraksi Ciri Terbaik	58.33%	7	0.2330

Sama seperti pada skenario di citra gigi random, bahwa menggunakan histogram equalization dapat dapat mengurangi tingkat akurasi yang diperoleh apabila dibandingkan dengan hasil skenario pertama.

4. Hasil Pengujian Skenario Keempat

Berikut merupakan hasil pengujian dengan mengubah kernel yang digunakan pada klasifikasi *support vector machine*.

Tabel 3. 7 Nilai Akurasi Skenario Keempat Pada Citra Gigi Random

Citra Uji Gigi Random			
Kernel SVM	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
RBF	85%	17	0.0524
Linear	25%	5	0.0557
Polynomial	50%	10	0.0574

Hasil akurasi tertinggi diperoleh pada saat penggunaan kernel RBF (*Radial Basis Focus*) dengan nilai akurasi sebesar 85% dengan waktu komputasi 0.0524.

Tabel 3. 8 Nilai Akurasi Skenario Keempat Pada Citra Gigi Sama (Gigi 2-1)

Citra Gigi Sama			
Kernel SVM	Akurasi	Jumlah Data Benar	Waktu Komputasi
RBF	91.66%	11	0.2138
Linear	83.33%	10	0.2322
Polynomial	83.33%	10	0.2451

Sama seperti pada citra gigi random akurasi tertinggi adalah pada saat penggunaan kernel RBF dengan tingkat akurasi 91.66% dan waktu komputasi 0.2138.

Maka dari pengujian pada skenario keempat untuk citra random maupun citra sama pemilihan kernel mana yang dapat menghasilkan akurasi tinggi itu bergantung dengan kondisi data yang ada.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *watershed* dan klasifikasi *Support Vector Machine* dapat diimplementasikan untuk proses mendeteksi granuloma melalui citra radiograf periapikal.
2. Tingkat akurasi tertinggi diperoleh pada penggunaan kombinasi 3 ekstraksi ciri orde 1 terbaik yaitu kurtosis, entropi, dan standar deviasi.
3. Ukuran resize dapat mempengaruhi tingkat akurasi dan waktu komputasi yang dihasilkan. Ukuran resize yang tepat menyesuaikan dengan ukuran citra input sebelum di resize. Semakin besar ukuran resize maka waktu komputasi akan semakin lama pula.
4. Penggunaan *histogram equalization* dapat menurunkan tingkat akurasi yang diperoleh.
5. Hasil akurasi tertinggi adalah 91.66% diperoleh pada citra uji gigi sama yaitu gigi 21 dengan ukuran resize 512x512px, menggunakan 3 kombinasi ciri orde 1 yaitu kurtosis, entropi, dan standar deviasi. Kernel SVM yang digunakan adalah RBF (*Radial Basis Focus*).
6. Hasil akurasi tertinggi pada gigi random adalah 85% dengan ukuran resize 256x256px, menggunakan 3 kombinasi ciri orde 1 yaitu kurtosis, entropi, dan standar deviasi. Kernel SVM yang digunakan adalah RBF(*Radial Basis Focus*).

Daftar Pustaka

- [1] Wahyuni Ishaq, TINGKAT PENGGUNAAN RADIOGRAFI PERIAPIKAL PADA DOKTER GIGI PRAKTEK DI KABUPATEN MAROS TERHADAP PERAWATAN ENDODOTIK, Makassar: Universitas Hasanuddin, 2015.
- [2] T. N. Yandi, "Distribusi Kasus Kelainan Periapikal Pada Pasien Konsul di Bagian Radiologi Rumah Sakit Gigi Mulut Pendidikan Universitas Hasanuddin," 2013.
- [3] Pramuda Akariusta Cahyan, Muhammad Aswin,Ir.,MT., Ali Mustofa,ST.,MT., *Segmentasi Citra Digital Dengan Menggunakan Algoritma Watershed dan Low Pass Filter Sebagai Proses Awal*, 2013.
- [4] Widodo Budiharto, Machine Learning and Computational Intelligence, Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2016.
- [5] Anonim, Praktikum EL4027 Pengolahan Citra Biomedika EB7031 Pengolahan Citra Biomedika Lanjut Modul 3 - Analisis Tekstur, 2008.
- [6] Eko Prasetyo, DATA MINING Mengolah Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab, Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2014.
- [7] Prof.Dr.Sarifuddin Madenda, Pengolahan Citra dan Video Digital, Jakarta: Erlangga, 2015.

