

Enhancement Citra Panoramik Gigi dengan Pembagian Citra Arah Menggunakan Decimation-Free Directional Filter Bank

Naser Jawas¹, Arya Yudhi Wijaya², Agus Zainal Arifin³

¹Laboratorium Vision, Image Processing and Graphics (VIPG)

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi

³Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

email: naser.jawas11@mhs.if.its.ac.id

Abstrak

Citra radiograf panoramik gigi dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit osteoporosis. Sistem deteksi osteoporosis secara digital digunakan untuk meningkatkan ketelitian dan mempermudah pengukuran. Proses enhancement citra digital radiograf panoramik gigi diperlukan untuk membantu memperbaiki atau memperjelas bagian-bagian yang penting di citra tersebut seperti bagian cortical. Bagian cortical yang memanjang secara horizontal sering memiliki bagian dengan iluminasi tidak merata di bagian tengah dengan arah vertikal yang menyulitkan proses pengukuran. Pemerataan iluminasi dengan metode filterisasi homomorfik cenderung mengalami over-enhancement. Oleh karena itu, Pada penelitian ini diusulkan metode enhancement citra radiograf panoramik gigi dengan menggunakan pemecahan citra ke dalam citra arah horizontal dan citra arah vertikal. Pemecahan citra ke dalam citra arah dilakukan dengan menggunakan Decimation-Free Directional Filter Bank. Pemerataan iluminasi dilakukan di masing-masing citra arah. Hasilnya menunjukkan proses filterisasi homomorfik yang dilakukan di citra arah ini efektif membantu menghindari over-enhancement.

Kata kunci: Radiograf panoramik gigi, Decimation-Free Directional Filter Bank, Enhancement Citra, Filterisasi Homomorfik.

Abstract

Dental Panoramic Radiographs image can be used for Osteoporosis detection. Digital osteoporosis detection system is used to gain more accurate and easier calculation. Enhancement process in dental panoramic radiograph image is needed to improve or clear up important region in image such as cortical bone region. Cortical bone region, that have a lengthwise horizontal region, are usually have a vertical non-uniform illumination region at the center which make the calculation more difficult. Enhancement of non-uniform illumination with homomorphic filtering is tend to have over enhancement. Therefore, this research proposes enhancement method for dental panoramic radiograph image with splitting the image into directional image horizontal and vertical. Splitting image into directional image is done by using Decimation-Free Directional Filter Bank. Enhancement of non-uniform illumination is done in each directional image. The result shows homomorphic filtering process in directional image is effective to avoid over enhancement.

Keywords: Dental Panoramic Radiographs, Decimation-Free Directional Filter Bank, Image Enhancement, Homomorphic Filtering.

1. Pendahuluan

Citra radiograf panoramik gigi memiliki banyak kegunaan di kalangan medis. Selain digunakan oleh para dokter gigi untuk melihat rongga mulut dan gigi pasien secara lebih jelas, citra radiograf panoramik gigi juga dapat dimanfaatkan untuk mencari indikasi beberapa penyakit lainnya diluar penyakit gigi dan mulut. Salah satu penyakit yang dapat dideteksi dari citra radiograf panoramik gigi adalah osteoporosis [1,2]. Berbagai bagian di citra radiograf panoramik gigi memiliki korelasi dengan tingkat kepadatan tulang seperti bagian lebar tulang cortical [2].

Untuk membantu mempercepat penilaian dan juga meningkatkan ketelitian dari pengukuran, maka dibutuhkan sebuah sistem yang terkomputerisasi untuk melakukan penilaian osteoporosis dari citra radiograf panoramik gigi. Oleh karena itu, dengan memanfaatkan hasil penelitian medis dibentuklah sistem penilaian osteoporosis dari citra radiograf panoramik gigi secara digital [3].

Pemrosesan dan penilaian citra secara digital tidak pernah lepas dari proses *enhancement*. Proses *enhancement* citra radiograf panoramik gigi diperlukan untuk membantu memperbaiki atau memperjelas bagian-bagian yang penting di citra tersebut. Banyak metode yang telah diusulkan untuk menjawab berbagai masalah spesifik dalam menangani perbaikan citra medis sesuai dengan kasus dan bagian penting yang ingin dinilai.

Pada citra medis radiograf panoramik gigi, salah satu bagian yang dihitung adalah bagian lebar *cortical*. Tulang *cortical* ini memanjang secara horizontal di citra radiograf panoramik gigi. Pada bagian tengah daerah sering terdapat bagian yang memiliki pencahayaan atau iluminasi yang tidak merata memotong dengan arah vertikal. Iluminasi yang tidak seimbang di arah ini sering menyulitkan penilaian lebar tulang *cortical* baik secara manual maupun digital. Filterisasi Homomorfik dapat digunakan untuk membantu menangani permasalahan iluminasi yang tidak merata [4]. Namun dengan melakukan *enhancement* filterisasi homomorfik, sering kali terjebak pada *over-enhancement* karena tidak mudah untuk menghilangkan bagian iluminasi yang tidak merata dengan arah vertikal tersebut tanpa mengganggu bagian *cortical* yang memiliki arah horizontal.

Oleh karena itu, Pada penelitian ini diusulkan metode *enhancement* citra radiograf panoramik gigi dengan menggunakan pemecahan citra ke dalam citra arah horizontal dan citra arah vertikal dengan menggunakan *Decimation-Free Directional Filter Bank*.

2. Kajian Pustaka

2.1 Decimation-Free Directional Filter Bank (NUDDFB)

Directional Filter Bank (DFB) pertama kali dikembangkan oleh Bamberger tahun 1992 [5]. DFB Bamberger dibentuk dengan tujuan untuk dapat membentuk Filter Bank (kumpulan filter) yang dapat membagi-bagi sinyal 2 dimensi (citra digital) ke dalam beberapa komponen citra sesuai dengan arahnya. DFB Bamberger membentuk filter bank dengan memanfaatkan properti *maximumdecimation* dan *directionalsensitivity* [5]. *Maximum Decimation* memberikan efek kompresi atau *scaling* secara maksimum dengan tetap dapat melakukan rekonstruksi kembali. Sedangkan *directional sensitivity* adalah kemampuan mengekstrak arah-arah garis yang terdapat pada citra input.

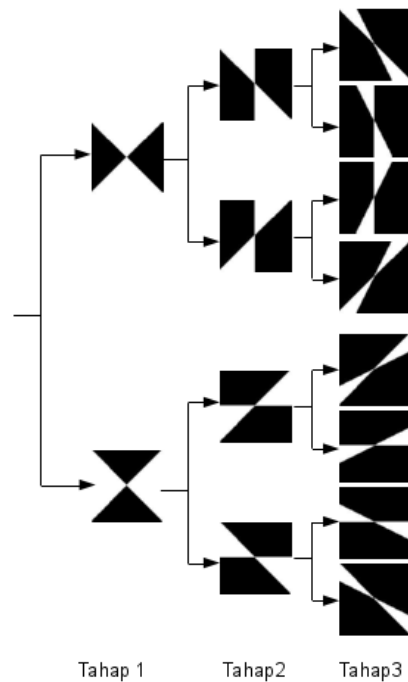
Efek kompresi yang ditimbulkan dari properti *maximum decimation* dinilai dapat mengubah citra input dan dikhawatirkan membentuk guratan-guratan baru di citra output karena menggunakan proses interpolasi dalam proses rekonstruksinya. Terbentuknya guratan-guratan baru di citra output ini dianggap tidak dapat ditolerir dalam penggunaan aplikasi pengolahan citra medis [6]. Decimation-Free Directional Filter Bank (DDFB) dibuat untuk memenuhi kebutuhan ekstraksi arah garis dengan memanfaatkan properti *directional sensitivity* tanpa mengikutsertakan properti *maximum decimation*. DFB tanpa proses desimasi (DDFB) tidak melakukan proses interpolasi didalamnya sehingga tidak menimbulkan perubahan atau guratan-guratan baru di citra output. Penggunaan DDFB lebih sederhana dari pada DFB. Karena DDFB tidak menggunakan proses desimasi, maka pada proses rekonstruksi hanya dilakukan dengan penjumlahan saja [6]. Tidak seperti DFB yang memerlukan proses sampling dan interpolasi [5].

Filter DDFB berbentuk seperti baji dengan pembagian sudut yang sama dalam setiap tahapan pembagiannya. Filter DDFB dibentuk dengan pembagian ke dalam 2^n filter dimana n adalah jumlah tahap dalam proses pembagian. Tahap 1 membentuk 2 filter, tahap 2 membentuk 4 filter, tahap 3 membentuk 8 filter dan seterusnya. Gambar 1 menunjukkan contoh pembagian filter dari DDFB dari tahap 1 hingga tahap 3. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pembagian

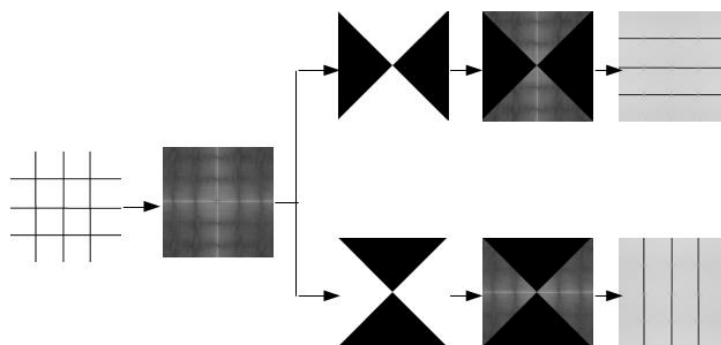
filter selalu seimbang membagi menjadi dua bagian area putih yang merupakan area untuk melewati frekuensi yang difilter.

Filter DDFB yang telah dibentuk ini digunakan untuk memfilter spektrum frekuensi Fourier. Arah dari bagian putih di filter DDFB menunjukkan arah yang berada di spektrum frekuensi yang akan dilewatkan. Arah-arah garis di domain spasial (citra input) akan memberikan frekuensi spasial tinggi di spektrum frekuensi dengan arah yang tegak lurus terhadap arah di domain spasial [7].

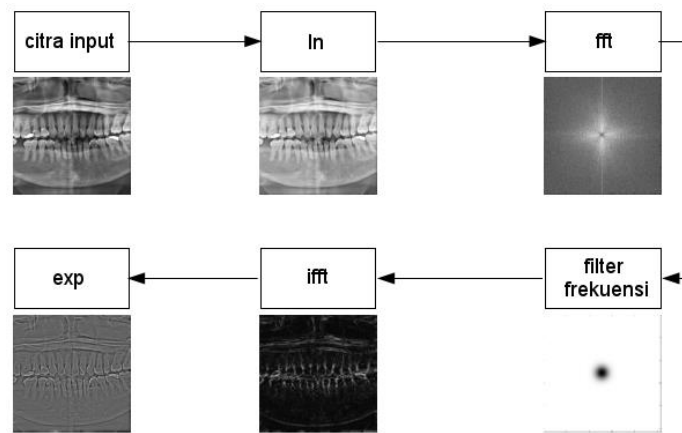
Proses secara umum dalam melakukan filterisasi dengan DDFB adalah sebagai berikut: Pertama citra input diubah ke domain frekuensi dengan Transformasi Fourier 2 dimensi. Kemudian hasil spektrum frekuensi Fourier dari citra input difilter menggunakan setiap filter DDFB. Setiap hasil filterisasi tersebut kemudian di-*inverse* dengan *inverse* Transformasi Fourier untuk membentuk citra arah. Untuk proses rekonstruksi kembali ke citra input, masing-masing citra arah ini dijumlahkan menjadi satu. Gambar 2 merupakan contoh pembagian citra arah dari sebuah citra sintetis. Citra sintetis tersebut memiliki tiga buah garis dengan arah horizontal dan tiga buah garis dengan arah vertikal. Hasil pembagian citra arah horizontal dan vertikal menunjukkan garis tersebut dapat dikelompokkan menjadi 2 citra arah horizontal dan vertikal. Citra arah horizontal memiliki 3 garis dengan arah horizontal dan citra arah vertikal memiliki 3 garis lainnya yang memiliki arah vertikal.



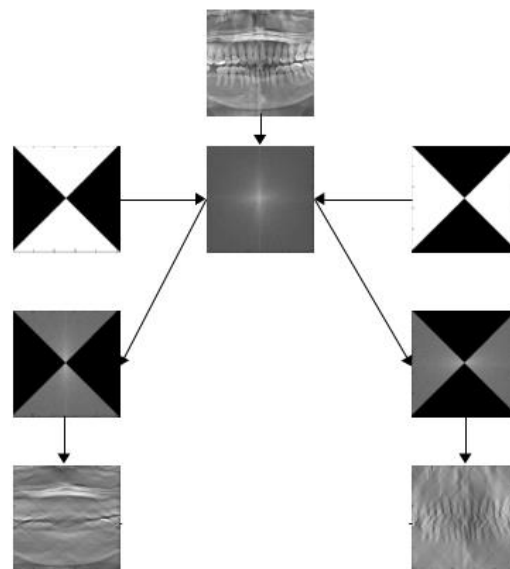
Gambar 1. Proses pembagian filter DDFB



Gambar 2. Proses pembentukan citra arah menggunakan filter DDFB



Gambar 3. Proses filterisasi Homomorfik



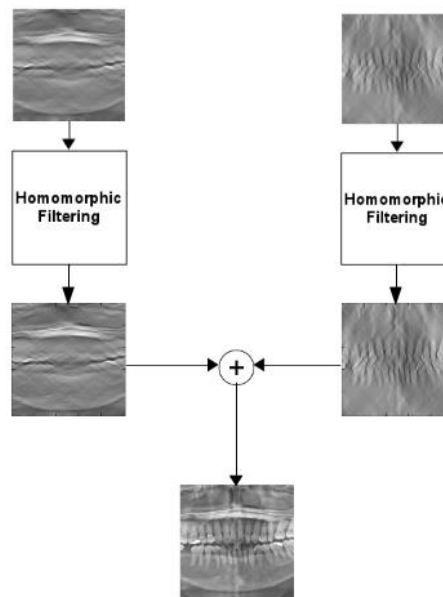
Gambar 4. Proses pembentukan citra arah horizontal dan vertikal

Filterisasi Homomorfik

Proses filterisasi homomorfik bertujuan untuk menormalisasi tingkat iluminasi yang berbeda-beda pada citra. Langkah-langkah Proses filterisasi homomorfik adalah sebagai berikut: pertama citra input di-*ln*. Kemudian citra hasil *ln* diubah ke domain frekuensi dengan Transformasi Fourier. Hasil spektrum frekuensinya kemudian difilter menggunakan filter spektrum frekuensi seperti filter *Gaussian high pass*. Spektrum yang telah difilter kemudian diinverse menggunakan *inverse* Transformasi Fourier. Hasil *inverse* kemudian di-*exponential* sebagai proses pengembalian dari proses *ln* diawal [4]. Gambar 3 menunjukkan proses filterisasi Homomorfik dengan menggunakan filter *Gaussian High Pass*.

3. Metodologi Penelitian

Pada bagian ini dipaparkan metode yang ditempuh dalam penelitian ini dari gambaran umum sistem, implementasi, data, hingga skenario pengujian dan metode evaluasi.



Gambar 5. Homomorfik dan Penjumlahan citra arah

3.1 Gambaran Umum Sistem

Secara umum sistem dapat dibagi ke dalam 2 modul utama yakni modul pembentukan citra arah horizontal dan vertikal dengan DDFB dan modul *enhancement* citra arah dan penggabungan citra arah. Berikut ini dijelaskan setiap langkah dari modul secara singkat.

3.1.1 Pembentukan Citra Arah Horizontal dan Vertikal dengan DDFB

Pembentukan citra arah dilakukan dengan menggunakan DDFB tahap 1. DDFB tahap 1 membentuk 2 filter dengan arah horizontal dan vertikal. Citra radiograf panoramik gigi dibagi hanya ke dalam 2 citra arah saja, yakni citra arah vertikal dan citra arah horizontal, dengan menggunakan filter DDFB tersebut. Pembagian citra hanya ke dalam 2 citra arah vertikal dan horizontal dimaksudkan untuk dapat mengumpulkan seluruh arah horizontal ke dalam 1 citra dan seluruh arah vertikal ke dalam 1 citra lainnya. Proses homomorfik selanjutnya dapat dilakukan di masing-masing citra arah dengan parameter homomorfik yang berbeda-beda antara citra arah tersebut. Dengan pembagian tersebut, *noise* iluminasi tidak merata dapat ditangani berbeda-beda di masing-masing citra arah sesuai dengan keadaan dan kebutuhan di masing-masing citra arah. Gambar 4 menunjukkan contoh tahap yang dilakukan dalam membentuk citra arah menggunakan DDFB.

3.1.2 Filterisasi Homomorfik dan Penggabungan Citra Arah

Hasil citra arah horizontal dan citra arah vertikal selanjutnya diproses dengan filterisasi homomorfik. Dalam penelitian ini digunakan filter *Gaussian high pass* di dalam proses homomorfik. Parameter dari *Gaussian high pass* yakni parameter *spread* digunakan sebagai parameter input untuk proses homomorfik. Parameter *spread* ini digunakan untuk mengatur rentang sebaran *Gaussian* dari titik pusat filter. Semakin tinggi nilai parameter ini maka semakin tinggi pula efek perataan iluminasi di citra arah tersebut. Hasil output citra arah yang telah melalui proses filterisasi homomorfik kemudian dijumlahkan menjadi satu citra kembali sebagai citra output akhir. Gambar 5 menunjukkan bagan tahap yang dilakukan dalam modul ini.

3.2 Implementasi

Implementasi dari algoritma dilakukan di ruang kerja MATLAB/Octave. Fungsi-fungsi dari MATLAB yang digunakan diantaranya adalah *fft2* dan *ifft2* untuk melakukan transformasi

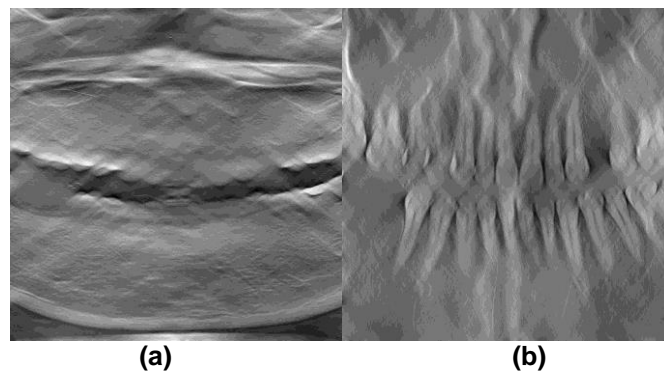
Fourier dan *inverse*-nya, *fspecial* untuk membentuk filter *Gaussian High Pass*, *sum* untuk melakukan proses penjumlahan citra arah, *ln* dan *exp* dalam proses homomorfik. Pembentukan filter DDFB diimplementasi ke dalam sebuah fungsi dengan input n untuk jumlah tahap yang diinginkan. Tetapi yang digunakan dalam penelitian ini hanya DDFB tahap 1 seperti dijelaskan sebelumnya di Subbab 3.1.1.

3.3 Data

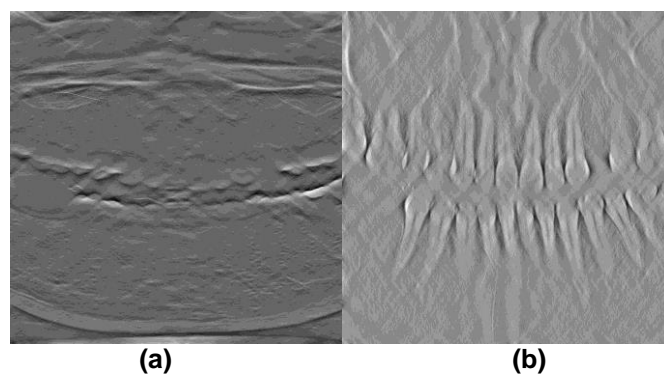
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra medis berupa citra radiograf panoramik gigi. Citra tersebut di-*crop* ke dalam ukuran bujur sangkar. Untuk memudahkan proses implementasi. Gambar 6 menunjukkan salah satu contoh data citra radiograf panoramik gigi yang siap diolah.



Gambar 6 Contoh data citra radiograf panoramik gigi



Gambar 7. Contoh hasil citra arah dari Gambar 6: (a) Citra horizontal dan (b) Citra Vertikal



Gambar 8. Contoh hasil *enhancement* citra arah dari Gambar 7: (a) Citra horizontal dan (b) Citra Vertikal

3.4 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dalam penelitian ini adalah pertama dengan melakukan proses homomorfik terhadap citra input radiograf panoramik gigi langsung tanpa pembagian ke citra arah. Proses kedua adalah dengan melakukan proses homomorfik terhadap citra arah vertikal dan horizontal. Kedua citra arah tersebut kemudian dijumlahkan menjadi satu untuk membentuk citra output. Hasil dari kedua proses tersebut kemudian dibandingkan secara visual dan secara kuantitatif

3.5 Evaluasi Hasil Uji Coba

Penilaian kuantitatif terhadap hasil *enhancement* memang sangat sulit dilakukan karena pada umumnya hasil *enhancement* lebih mudah dinilai secara kualitatif saja. Pada penelitian ini dievaluasi beberapa paper sebelumnya dalam melakukan penilaian *enhancement* dan selanjutnya dipilih 3 nilai yang digunakan dalam penelitian ini yakni *Enhancement Measure* (EM) [8], *Absolute Mean Brightness Error* (AMBE) [9] dan *Discrete Entropy* (DE) [10]. Selanjutnya ditambahkan sebuah nilai uji coba yakni nilai CW yang menghitung persentase perubahan jumlah piksel putih setelah proses binerisasi otsu terhadap citra input dan citra output.

Nilai EM dihitung dengan cara

$$EM = \max_{\Phi \in \{\Phi\}} \chi \left(\frac{1}{k_1 k_2} \sum_{l=1}^{k_2} \sum_{l=1}^{k_1} 20 \log \frac{I_{max,k,l}^{\omega}(\Phi)}{I_{min,k,l}^{\omega}(\Phi)} \right) \quad (1)$$

dimana, k_1 dan k_2 adalah pembagian blok dari citra input ω . Nilai $I_{max,k,l}^{\omega}$ adalah nilai maksimum di blok ke- k dan $I_{min,k,l}^{\omega}$ adalah nilai minimum di blok citra ke- k . Nilai Φ adalah parameter masukan untuk *enhancement*. Nilai EM yang didapatkan harus berupa nilai optimum, tidak terlalu besar dan juga tidak terlalu kecil jika dibandingkan dengan nilai EM citra input.

Nilai AMBE dihitung dengan cara

$$AMBE = |E(I_{input}) - E(I_{output})| \quad (2)$$

Nilai AMBE menghitung selisih absolut dari nilai mean (E) dari citra input (I_{input}) dan citra output (I_{output}). Nilai AMBE yang baik juga memiliki nilai optimum yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil.

Nilai DE dihitung dengan cara

$$DE = |entropy(I_{input}) - entropy(I_{output})| \quad (3)$$

Nilai DE menghitung selisih absolut antara entropy citra input dengan entropy citra output. Dimana nilai entropy dihitung dengan

$$entropy = -\sum p(i) * \log_2(p(i)) \quad (4)$$

dengan p adalah nilai probabilitas dari masing-masing greyscale citra input (i). Nilai DE yang baik adalah nilai terkecil yang menandakan nilai DE masih mendekati nilai DE citra input. Hal ini menandakan tidak terlalu banyak terjadi perubahan informasi di citra input dan citra output.

Nilai CW adalah nilai persentase perubahan jumlah piksel putih setelah proses binerisasi otsu yang dihitung dengan cara

$$CW = \frac{|CountWhite(BW(I_{input})) - CountWhite(BW(I_{output}))|}{height * width} \times 100\% \quad (5)$$

dimana, *countwhite* menghitung jumlah pixel putih hasil proses binerisasi (BW) dari citra input dan citra output. Selisih absolut dari citra input dan citra output dibagi dengan luasan citra input dan dikali 100 %. Nilai CW yang dicari adalah nilai yang optimum yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Bila terlalu besar menandakan banyak area yang mengalami perubahan dari

background menjadi *foreground* atau sebaliknya. Sedangkan bila terlalu kecil, maka perubahan yang terjadi antara *Background* dan *Foreground* atau sebaliknya tidak terlalu besar.

Selain penilaian secara kuantitatif, penilaian secara kualitatif yakni perbandingan secara visual juga diberikan pada bagian hasil dan pembahasan untuk menunjukkan keunggulan dan kelemahan metode dengan lebih jelas.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini disajikan hasil-hasil uji coba beserta pembahasan dari hasil uji coba yang didapatkan.

4.1 Hasil Pembagian Citra Arah

Hasil pembagian citra arah dapat ditunjukkan pada Gambar 7 dengan Gambar 7(a) adalah citra horizontal dan Gambar 7(b) adalah citra vertikal. Melalui kedua citra arah tersebut dapat dilihat bagian horizontal dan bagian vertikal mampu dipisahkan dengan baik dengan pembagian citra arah menggunakan DDFB. Bagian dagu yang berupa tepian horizontal terdapat di citra arah horizontal dan bagian gigi yang memilili arah vertikal terdapat di citra vertikal.

4.2 Hasil *Enhancement* Per Citra Arah

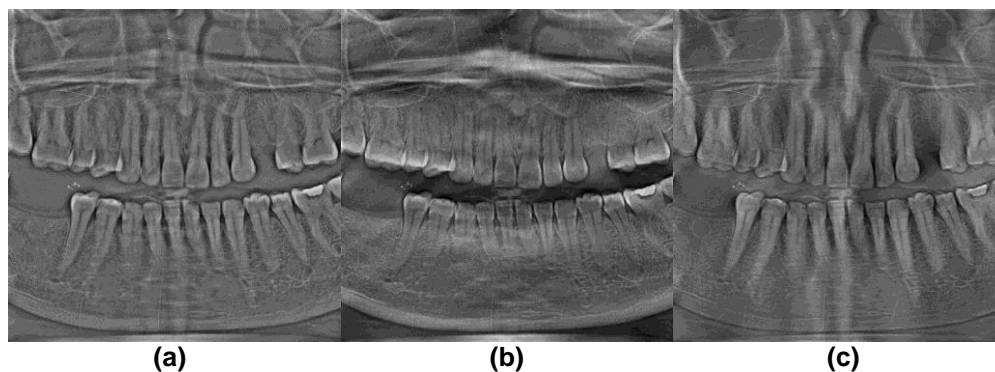
Hasil *enhancement* setiap citra arah dapat ditunjukkan pada Gambar 8. Pada contoh tersebut dilakukan filterisasi homomorfik dengan parameter *spread* 10 baik terhadap citra horizontal dan citra vertikal.

4.3 Hasil Penggabungan Citra Arah

Hasil *enhancement* citra arah kemudian digabung dengan cara menjumlahkan kedua citra arah tersebut menjadi satu. Hasil dari penggabungan citra arah ini dapat dilihat pada Gambar 9. Pada Gambar 9 diberikan tiga buah contoh dari hasil penggabungan citra arah yakni Gambar 9(a) adalah hasil penggabungan citra arah setelah diproses homomorfik dengan parameter citra horizontal dan citra vertikal sama yakni 10. Gambar 9(b) adalah hasil penggabungan citra arah terhadap citra horizontal yang diproses homomorfik dengan parameter 1 dan citra vertikal diproses homomorfik dengan parameter 25. Sedangkan Gambar 9(c) menunjukkan hasil penggabungan dari citra arah yang menerima parameter homomorfik di citra arah horizontal sebesar 25 dan citra arah vertikal sebesar 1.

4.4 Hasil Perbandingan Nilai *Enhancement*

Hasil-hasil dari penggabungan citra arah setelah mengalami *enhancement* dengan proses filterisasi homomorfik selanjutnya dievaluasi secara kuantitatif dengan menghitung nilai EM, AMBE, DE, dan CW. Kolom 'Nama Citra' di Tabel 1 menunjukkan nama citra output yang merupakan gabungan dari ID dan parameter homomorfik yang digunakan. Prefiks awalan di nama citra adalah ID dari citra uji kemudian diikuti oleh parameter nilai *spread* homomorfik. Apabila terdapat 1 nilai setelah ID maka itu menandakan citra tersebut tidak melalui proses pembagian citra arah. Sedangkan apabila terdapat 2 nilai setelah ID maka nilai pertama adalah parameter untuk citra arah horizontal dan nilai berikutnya parameter untuk citra arah vertikal.



Gambar 9. Hasil penggabungan citra arah: (a) Parameter Homomorfik Vertikal 10 dan Horizontal 10, (b) Parameter Homomorfik Vertikal 25 dan Horizontal 1, dan (c) Parameter Homomorfik Vertikal 1 dan Horizontal 25

Tabel 1. Hasil perbandingan nilai pengukuran *enhancement*

Nama Citra	Em Original	Em Output	AMBE	DE	CW(%)
M001_20.jpg	11,47	19,32	54,58	1,55	5,99
M001_1_20.jpg	11,47	16,35	48,96	0,62	8,74
M001_20_1.jpg	11,47	12,61	38,96	1,19	3,59
M002_20.jpg	16,02	14,91	55,02	1,96	5,51
M002_1_20.jpg	16,02	21,02	35,83	0,55	2,98
M002_20_1.jpg	16,02	14,53	40,38	1,26	0,68
M003_20.jpg	11,95	20,60	47,12	1,37	11,53
M003_1_20.jpg	11,95	17,36	57,44	0,74	6,66
M003_20_1.jpg	11,95	15,19	55,04	1,34	0,98
M004_20.jpg	12,03	20,45	42,54	1,30	14,57
M004_1_20.jpg	12,03	23,11	40,40	0,36	7,07
M004_20_1.jpg	12,03	18,76	36,73	0,77	4,59
M005_20.jpg	10,71	19,44	42,30	1,16	13,89
M005_1_20.jpg	10,71	19,27	25,14	0,13	3,70
M005_20_1.jpg	10,71	16,05	38,07	0,57	9,52

4.5 Pembahasan Hasil

Berikut ini diberikan pembahasan dari hasil-hasil uji coba yang didapatkan pada penelitian ini. Hasil-hasil uji coba telah disampaikan pada Subbab sebelumnya.

Baik secara visual dan secara kuantitatif hasil yang didapatkan dari metode ini mampu memberikan hasil *enhancement* yang baik dan membantu menghindari dari *enhancement* yang berlebihan. Hasil *enhancement* secara visual dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9(a) dengan nilai parameter spread yang sama antara horizontal dan vertikal terjebak pada *over-enhancement* yang ditandai dengan banyak detail yang hilang. Misalnya dibagian dagu yang memanjang di arah horizontal, memiliki banyak detail yang hilang jika dibandingkan citra input aslinya (Gambar 6). Sedangkan Permasalahan dari Gambar 6 yakni iluminasi tidak merata

dengan arah vertikal di bagian tengah-tengah dagu belum dapat ditanggulangi. Hal ini disebabkan karena seluruh bagian mengalami proses homomorfik yang sama. Sementara bagian-bagian dagu memiliki detail horizontal dan noise yang mengganggu memiliki arah vertikal.

Gambar 9(b) menunjukkan hasil *enhancement* yang lebih baik dimana iluminasi tidak merata dengan arah vertikal dibagian tengah dagu berhasil ditekan sementara detail dagu secara horizontal tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan Gambar 6. Hal ini didapatkan dengan parameter yang berbeda antara bagian horizontal dan vertikal. Penerapan parameter homomorfik yang lebih besar di bagian vertikal dibandingkan di bagian horizontal ini dapat membantu pada kasus *enhancement* citra radiograf panoramik gigi ini di mana bagian dagu yang menjadi objek yang diinginkan (ROI) memiliki arah horizontal dapat dipertahankan dan noise yang mengganggu memiliki arah vertikal dapat ditekan.

Gambar 9(c) menunjukkan *enhancement* homomorfik lebih tinggi dibagian vertikal dibandingkan bagian horizontal. Hasil ini memberikan keunggulan apabila bagian yang diinginkan adalah bagian gigi yang mengarah vertikal. Bagian gigi yang vertikal dapat dipertahankan, tetapi batas gigi yang horizontal juga tidak terhapus meskipun mengalami proses homomorfik yang tinggi di bagian horizontal. Iluminasi tidak merata dengan arah horizontal di bagian rahang atas di atas gigi dapat diratakan.

Penilaian secara kuantitatif juga memberikan hasil yang hampir serupa dengan hasil pengamatan visual. Nilai EM di Tabel 1 menunjukkan nilai yang paling besar didapatkan oleh hasil tanpa pemecahan citra arah. Hanya pada Citra dengan ID M004 dan M002 nilai EM tanpa pemecahan citra arah memiliki hasil yang tidak lebih tinggi dari hasil pemecahan citra arah. Pada nilai AMBE juga ditemukan hasil yang serupa dimana nilai yang paling tinggi didapatkan dari hasil tanpa pemecahan citra arah kecuali pada citra dengan ID M003. Nilai DE yang didapatkan menunjukkan perubahan paling minimum selalu didapatkan dari hasil pemecahan citra arah. Hal ini menandakan dengan melakukan *enhancement* dipemecahan citra arah ini tidak banyak merubah informasi yang ada di citra tersebut. Nilai CW juga menunjukkan perubahan minimum selalu didapatkan dari *enhancement* tanpa pemecahan citra arah kecuali pada citra dengan ID M001. Nilai CW ini sama seperti nilai DE yang mencerminkan tidak terlalu banyak informasi yang berubah dengan semakin minimnya selisih nilai antara citra input dan citra output.

Kelebihan dari *enhancement* dengan pembagian citra arah ini dapat memberikan pilihan *enhancement* di bagian tertentu yang diinginkan dan menekan noise yang memiliki arah berlawanan dengan arah dibagian yang diinginkan. Hanya saja bagian-bagian yang dapat ditanggulangi hanya terbatas pada bagian horizontal dan vertikal saja. Noise yang dapat ditekan juga noise dengan arah yang berlawanan dengan arah daerah yang diinginkan.

Kelemahan dari pembagian citra arah ini adalah pembagian citra arah DDFB tidak mampu memberikan pembagian dengan baik yang menyesuaikan dengan input citra. Citra input yang digunakan dalam penelitian ini memiliki arah mayoritas horizontal dan vertikal oleh karena itu pembagian ke arah horizontal dan arah vertikal dapat dilakukan dengan baik. Apabila arah garis mayor berupa arah diagonal dan bukan horizontal dan vertikal maka pembagian citra arah tidak dapat dilakukan dengan baik.

5. Kesimpulan

Enhancement dengan pembagian citra arah telah mampu dengan efektif menghindari terjadinya *over enhancement* yang sering terjadi pada *enhancement* secara langsung dicitra radiograf panoramik gigi dengan menggunakan proses filterisasi homomorfik. Pengembangan selanjutnya dari metode ini adalah untuk dapat membagi citra arah sesuai dengan orientasi yang terdapat di masing-masing citra input.

Daftar Pustaka

- [1] Taguchi A, "Panoramic Radiographs for Identifying Individuals with Undetected Osteoporosis", *Japanese Dental Science Review*. 2009; 45(1): 109-120.
- [2] Devlin H dkk., "Automated Osteoporosis Risk Assesement by Dentist: A New Pathway to Diagnosis", *Bone*. 2007; 40(1): 835-842.
- [3] Arifin AZ dkk., "Computer-Aided System for Measuring The Mandibular Cortical Width on Dental Panoramic Radiographs in Identifying Postmenopausal Women with Low Bone Mineral Density", *Osteoporosis International*. 2006; 17(1): 753-759.
- [4] Gonzalez RC, Woods RE, "Digital Image Processing, 3rd Edition", New Jersey: Pearson Education Inc. 2008.
- [5] Bamberger RH dan Smith MJT, "A Filter Bank for the Directional Decomposition of Images: Theory and Design", *IEEE Transaction on Signal Processing*. 1992; 40(4): 882-893.
- [6] Truc PTH, Khan MAU, Lee YK, Lee S, Kim TS, "Vessel Enhancement Filter using Directional Filter Bank", *Computer Vision and Image Understanding*. 2009; 113(1): 101-112.
- [7] Ikonopoulos A, "High Compression Image Coding Via Directional Filtering", *Signal Processing*. 1985; 8(1): 179-203.
- [8] Agaim SS, Panetta K, Grigoryan AM, "Transform-Based Image Enhancement Algorithms with Performance Measure", *IEEE Transaction on Image Processing*. 2001; 10(3): 367-382.
- [9] Chen SD, Ramli AR, "Minimum Mean Brighness Error Bi-Histogram Equalization Contrast Enhancement", *IEEE Transaction on Consumer Electronics*. 2003; 49(4): 1310-1319.
- [10] Sundaram K, Ramar K, Arumugam N, Prabin G, "Histogram Modified Local Contrast Enhancement for Mammogram Images", *Applied Soft Computing*. 2011; 11(1): 5809-5816.