

Identifikasi Osteoporosis Pada *Vertebra Spinalis* Menggunakan Metode *Blended Statistical-Index Singh*

Wiyono¹, Budi Nugroho¹, Noviana Prima², Teguh Firmansyah², Siswo Wardoyo².

¹Jurusan Program Studi Teknik Elektronika, Akademi Teknologi Warga, Surakarta, Jawa Tengah.

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 April 2018

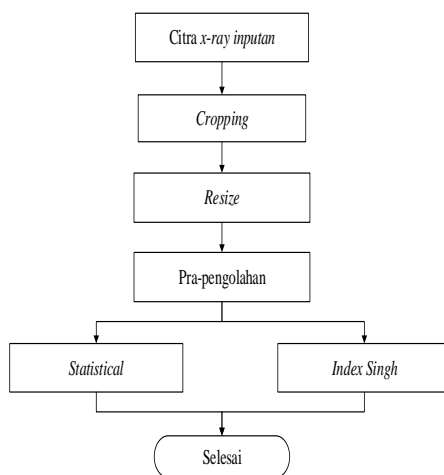
Direvisi : 10 Juni 2018

Disetujui : 25 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :

wiyono1967@gmail.com

Graphical abstract



Pixels And Index Singh	
White Pixels	6083
Black Pixels	10047
Index Singh	1

Abstract

The purpose of this research is to make osteoporosis detection aid system by utilizing x-ray image of spinal vertebra as research specimen. To improve the accuracy of the identification system, then used blended method between statistical theory and Index Singh as the determinant of osteoporosis level. This study used 50 sampel test of x-ray image of spinal vertebra obtained from RSO dr. R, Soeharso Surakarta. The completion stage of this research is done by pre-processing x-ray image, calculating the area, calculating the number of pixels, and ending by calculating statistically and comparing Index Singh. The results of this study show the representation of the area based on the highest white pixel is 7,983 pixels while the lowest is 5,410 pixels. Having done the overall testing of this system can provide accuracy of 76%.

Keywords: Osteoporosis, vertebra spinalis, Statistical-Index Singh

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem bantu deteksi osteoporosis dengan memanfaatkan citra hasil *x-ray vertebra spinalis* sebagai spesimen penelitian. Untuk meningkatkan akurasi sistem identifikasinya, maka digunakan *blended method* antara teori statistik dan *Index Singh* sebagai penentu tingkat osteoporosis. Penelitian ini menggunakan 50 sampel uji citra *x-ray vertebra spinalis* yang didapatkan dari RSO dr. R, Soeharso Surakarta. Tahapan penyelesaian penelitian ini dilakukan dengan melakukan pra-pengolahan citra *x-ray*, menghitung luas area, menghitung jumlah pixel, dan diakhiri dengan menghitung secara statistik dan komparasi *Index Singh*. Hasil penelitian ini menunjukkan representasi luas area berdasarkan *pixel* putih yang tertinggi adalah 7.983 *pixel* sedangkan yang terendah adalah 5.410 *pixel*. Setelah dilakukan pengujian secara keseluruhan sistem ini dapat memberikan akurasi sebesar 76%.

Kata kunci: Osteoporosis, vertebra spinalis, Statistical-Index Singh

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

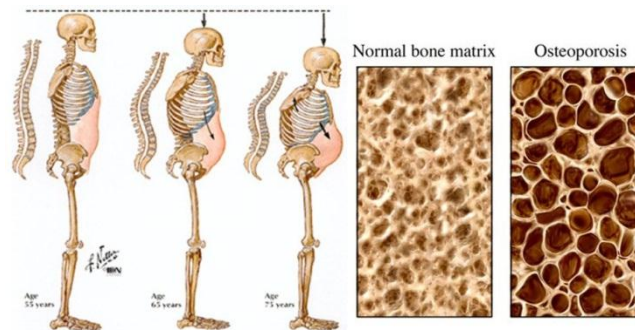
Keropos tulang atau osteoporosis adalah penyakit kronik yang ditandai dengan pengurangan *massa* tulang yang disertai kemunduran mikroarsitektur tulang dan penurunan jaringan kualitas tulang yang dapat menimbulkan kerapuhan tulang. Keadaan ini beresiko tinggi karena tulang menjadi rapuh dan mudah retak bahkan patah. Banyak orang tidak menyadari bahwa osteoporosis merupakan penyakit tersembunyi (*silent diseases*) [1], [2]. Osteoporosis umumnya terjadi ketika seseorang berumur lebih dari 45 tahun dan khususnya pada perempuan (80%) dibandingkan dengan laki-laki (20%) [3]. Di Indonesia pada tahun 2006, proporsi masyarakat Indonesia yang beresiko mengalami osteoporosis sebesar 19,7% dan terus meningkat seiring bertambahnya jumlah lansia. Yayasan Osteoporosis Internasional juga memberi pernyataan bahwa satu dari tiga perempuan dan satu dari

lima pria beresiko terkena osteoporosis. Pada wanita Indonesia, risiko terkena osteoporosis sebesar 23% di usia 50-80 tahun dan akan meningkat menjadi 53% pada usia 70-80 tahun, angka ini termasuk tinggi bila di dibandingkan negara lain di Benua Asia [4]. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pendidikan dan kesehatan, menjadi alasan bertambah lamanya waktu hidup (*long life time*) seseorang, dari rata-rata usia 60-an menjadi 70-an [5]. Untuk mendukung kesadaran masyarakat tersebut maka diperlukan sistem bantu deteksi atau identifikasi osteoporosis yang handal, mudah, dan terjangkau.

Berdasarkan pemikiran tersebut maka pada penelitian ini akan dikembangkan sistem bantu deteksi tingkat osteoporosis menggunakan citra hasil *x-ray* (Radiologi). Perancangan perangkat lunak akan menggunakan algoritma *Index Singh-Statistical* sebagai penentuan tingkat osteoporosis. Pada penelitian ini dilakukan pengkuantisasian data dengan bantuan aplikasi perangkat lunak komputer, yang berupa algoritma pengolahan citra digital untuk meningkatkan kualitas citra (*Image Enhancement*), konvolusi dua dimensi, penghalusan, dan penajaman citra, serta deteksi tepian. Sebagai *state of the art*, pada penelitian ini digunakan metode kombinasi (*Blended*) antara *Statistical* dengan *Index Singh* agar akurasi sistem yang dihasilkan meningkat dari penelitian sebelumnya.

2. OSTEOPOROSIS DAN INDEX SINGH

Osteoporosis adalah berkurangnya kepadatan tulang yang progresif sehingga tulang menjadi rapuh dan patah [6]. Tulang terdiri dari mineral-mineral seperti kalsium dan fosfat, sehingga tulang menjadi keras dan padat. Untuk mempertahankan kepadatan tulang, tubuh memerlukan persediaan kalsium dan mineral lainnya yang memadai, dan harus menghasilkan hormon dalam jumlah yang mencukupi (hormon *paratiroid*, hormon pertumbuhan, *klasitonin*, *esterogen* pada wanita dan *testosteron* pada pria) [2].



Gambar 1. Struktur tulang penderita osteoporosis

Asupan vitamin D dapat membantu menyerap kalsium dari makanan dan memasukan kedalam tulang. Secara progresif, tulang meningkatkan kepadatan sampai tercapai kepadatan maksimal (sekitar usia 30 tahun). Setelah itu kepadatan tulang akan berkurang secara perlahan. Jika tubuh tidak mampu mengatur kandungan mineral dalam tulang maka tulang menjadi kurang padat dan lebih rapuh, sehingga terjadilah *osteporosis*.

Kolumna vertebralis atau rangkaian tulang belakang adalah sebuah struktur lentur yang dibentuk oleh sejumlah tulang yang disebut *vertebra* atau tulang belakang [7]. Diantara tiap dua ruas pada tulang belakang terdapat bantalan tulang rawan. Panjang rangkaian tulang belakang pada orang dewasa mencapai 57 sampai 67 cm. Seluruhnya terdapat 33 ruas tulang, 24 buah diantaranya adalah tulang-tulang terpisah dan 9 ruas sisanya bergabung membentuk 2 tulang [8].

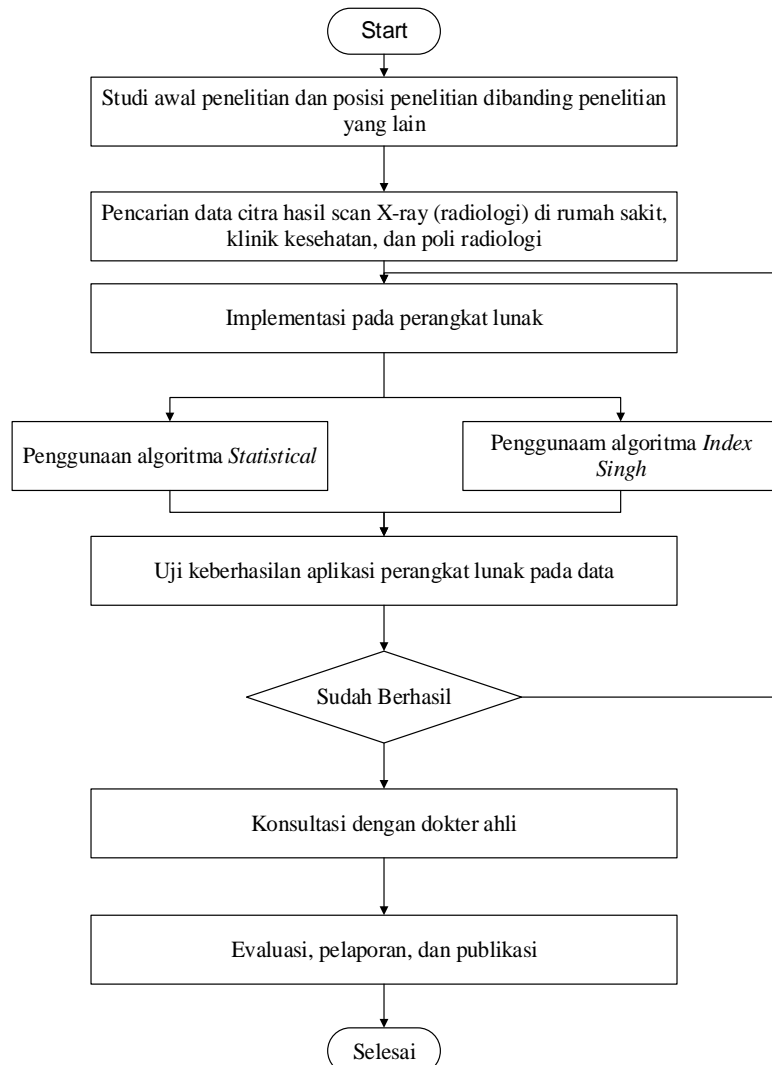
Vertebra dikelompokkan dan dinamai sesuai dengan daerah yang di tempatinya yaitu 1) *vertebra servikal* (7) atau ruas tulang bagian leher membentuk daerah tengkuk, 2) *vertebra thorakalis* atau ruas tulang punggung membentuk bagian belakang *thorak* atau dada sebanyak 12, 3) *vertebra lumbalis* atau ruas tulang punggung pinggang (sebanyak 5) membentuk daerah *lumbal* atau pinggang, 4) *vertebra sakralis* atau ruas tulang belakang membentuk sakrum atau tulang kelangkang sebanyak 5, dan 4 *vertebra koksigeus* atau ruas tulang ekor membentuk tulang *koksigeus* atau tulang ekor.

Singh dan kawan-kawan telah membuat suatu klasifikasi tingkat osteoporosis dengan melihat perubahan pola trabekula pada foto sinar X dari femur proksimal. *Singh* membagi perubahan pola trabekula proksimal femur menjadi 6 tingkat [9] yaitu, *grade 6* dimana semua kelompok trabekula

terlihat jelas. *Grade 5* kelompok trabekula kompresi sekunder terlihat tidak jelas, *grade 4* kelompok trabekula kompresi sekunder telah menghilang. *Grade 3* trabekula tensile hanya terlihat jelas di bagian atas leher femur dan *grade 2* hanya trabekula kompresi primer yang terlihat jelas, sedangkan *grade 1* trabekula kompresi primer sangat berkurang jumlahnya dan tidak jelas.

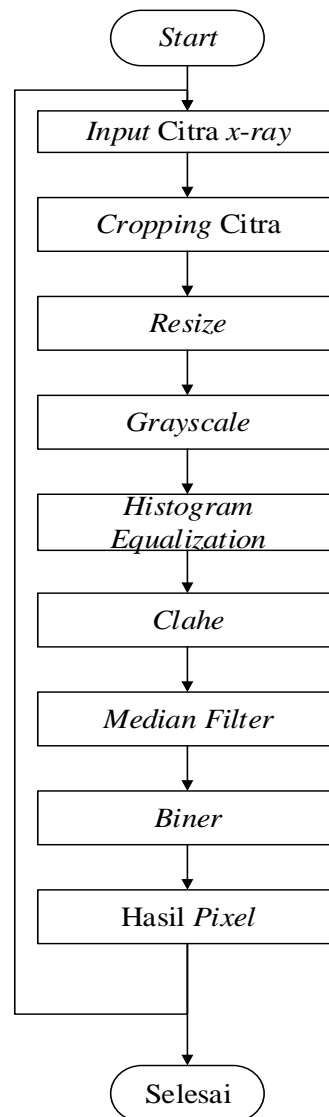
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian [3] dan [5] dengan menambahkan metode kombinasi (*Blended*) antara *Statistical* dengan *Index Singh* agar akurasi sistem yang dihasilkan meningkat dari penelitian sebelumnya. Secara utuh penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 2. Indeks Singh adalah metode sederhana yang murah untuk mengevaluasi kepadatan tulang, biasanya digunakan untuk menilai osteoporosis didasarkan pada penampilan radiologis dari struktur tulang *trabecular femur proksimal* pada *radiografi antero-posterior (AP)* [10].



Gambar 2. Flowchart langkah-langkah penelitian

Untuk mempersiapkan sampel citra yang akan digunakan untuk penelitian maka diperlukan proses-proses seperti terlihat pada Gambar 3. Sebagai citra masukan digunakan citra *x-ray* dari osteoporosis *vertebra spinalis* yang diperoleh dari sebuah alat pesawat sinar-X dengan nama merk Shimadzu tipe RADSPEED yang ditangkap pada bagian tulang belakang (*vertebra spinalis*) yang menghasilkan file foto *x-ray* kedalam bentuk format *Joint Photographic Group (JPG)* dengan resolusi sebesar *624 x 762 pixel* dari RS. Ortopedi Prof. Dr. Soeharso Surakarta yang telah divalidasi. Foto *x-ray* didapat sebanyak 50 sampel masing-masing dengan justifikasi osteoporosis, *osteopenia*, dan normal.



Gambar 3. Proses pengolahan citra x-ray

Sebagai tahap awal dilakukan proses *cropping* pada citra *x-ray* dengan resolusi 624×762 *pixel* menjadi 126×234 *pixel* pada bagian *Region Of Interest* (ROI) citra tulangnya saja dengan memangkas tepi-tepi pada bagian citra *x-ray*, karena untuk mempermudah dalam penganalisaan sehingga pada proses perhitungan area hanya fokus terhadap objek yang ditentukan saja dan dapat mempermudah ukuran penyimpanan citra.

Selanjutnya di-*resize* kedalam ukuran 127×127 *pixel* sehingga dimensi citra berukuran sama secara horizontal dan vertikal. Pada proses pengubahan ukuran citra ini juga bertujuan untuk mengurangi beban kerja komputer agar waktu komputasinya lebih cepat.

Tahapan selanjutnya di bagian ini merupakan proses awal (pra-pengolahan) yang dilakukan untuk mendapatkan kualitas citra yang baik serta memperoleh hasil dari *pixel* putih dan *pixel* hitam dari foto *x-ray vertebra spinalis*. Bagian ini dilakukan agar objek yang diinginkan dapat diperoleh dengan hasil yang maksimal. Data citra *x-ray* yang telah di-*resize* kemudian diubah ke dalam citra *grayscale*.

Setelah melalui proses *pre-processing grayscale*, citra *x-ray* masuk ke dalam tahap berikutnya yaitu dengan mengatur nilai *thresholding* agar dapat menentukan tingkat hitam dan putih pada citra yang bertujuan untuk mengetahui hasil objek dari jumlah *pixel* citra *x-ray* tulang *vertebra spinalis* yang ada pada luas *area* tersebut. Dari persamaan sebagai berikut:

$$Area = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(i,j)$$

Keterangan : $f(i, j) = 1$ jika (i, j) adalah *pixel* objek

Tahapan ke-4 proses ini merupakan bagian untuk mengetahui kerapatan tulang dengan menghitung total *pixel* dari suatu sempel pada data citra *x-ray* yang telah ditentukan objeknya dengan cara menghitung manual pada kolom dan baris dari citra *x-ray*, yaitu tulang *vertebra spinalis*. Perhitungan ini dilakukan agar hasil perhitungan dari hasil *pixel* citra *x-ray* dapat menentukan bagian dari masing-masing jumlah nilai dari total *pixel* citra *x-ray*.

Perhitungan manual jumlah *pixel*:

$$Total\ pixel = Kolom \times Baris$$

Penjumlahan hasil total *pixel* dari luas area:

$$Total\ pixel = \sum Pixel\ Putih + \sum Pixel\ Hitam$$

Tahapan akhir sistem bantu ini adalah merupakan tahap dari pengumpulan hasil data kuantitatif dari hasil perhitungan tingkat kerapatan tulang pada foto *x-ray vertebra spinalis*. Dalam metode ini hasil dari jumlah data yang telah ada diurutkan satu-persatu ke dalam tabel yang hanya terdiri dari jumlah *pixel* putih saja yaitu dari yang terbesar hingga terkecil. Dari hasil pengurutan tersebut akan diberikan label peng-index-an sesuai *index Singh* yang memiliki tingkatan dari 1 sampai 6. Metode ini digunakan sebagai pengelompokan dari masing-masing hasil *pixel* ke dalam *grade* atau pengklasifikasian tulang dari normal sampai osteoporosis. Metode ini dilakukan dengan mengkombinasikan antara *Statistical* dan *Index Singh*, maka dari *blended Statistical-Index Singh* bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi.

Pembagian kelompok untuk menentukan *index Singh* nya dari data nilai sampel yang didapat digunakan formulasi sebagai berikut:

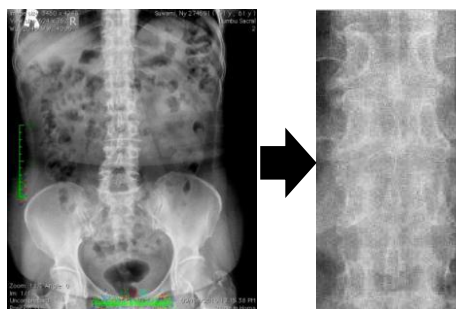
$$Kelompok = \frac{50\ Sempel}{6\ Grade}$$

Sedangkan untuk menentukan nilai presentase *pixel* putih untuk *index Singh* digunakan formulasi sebagai berikut:

$$Presentase = \frac{Pixel\ Putih}{Pixel\ Putih + Pixel\ Hitam} \times 100\%$$

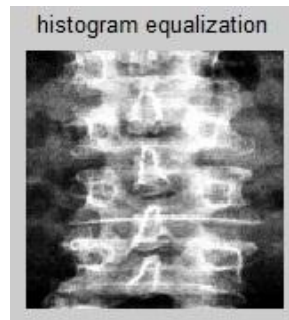
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diawali dari hasil pre-processing sebagaimana dilakukan seperti pada Gambar 3. Tahapan tersebut menghasilkan spesimen citra yang akan diproses lebih lanjut untuk bahan penelitian ini. Hasil penelitian pertama kali dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 4.



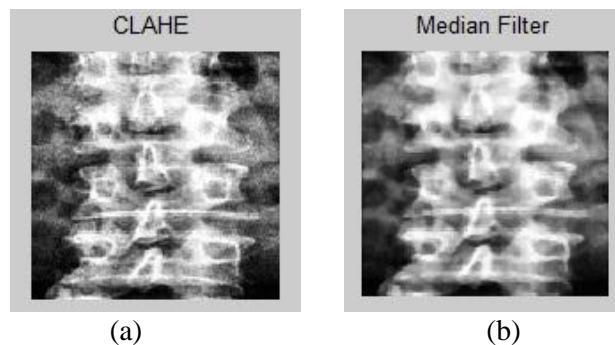
Gambar 4. Citra Asli dan Hasil Cropping

Porses selanjutnya adalah *histogram equalization* hal ini dilakukan untuk pemetaan derajat keabuan citra *x-ray vertebra spinalis* berubah lebih merata sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah *pixel* yang relatif sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



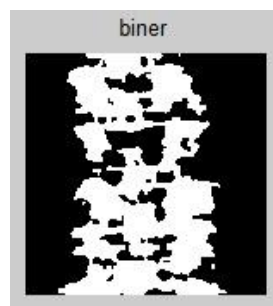
Gambar 5 Hasil *Histogram Equalization*

Tahap selanjutnya adalah CLAHE ini bertujuan meningkatkan kontras pada citra, sehingga struktur tulang pada vertebra spinalis terlihat lebih jelas. Setelah proses sebelumnya CLAHE, kemudian masuk kedalam proses *median filter* yaitu, tahap ini bertujuan untuk mengurangi *noise* pada citra. Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 (a) Hasil dari CLAHE, (b) Hasil dari Median Filter

Proses selanjutnya adalah *binerisasi* pada citra *vertebra spinalis* karena pada proses ini untuk mengidentifikasi keberadaan objek yang akan direpresentasikan sebagai *Region Of Interest (ROI)* dalam citra dan sebagai bentuk pemisahan antara warna hitam sebagai latar belakang (*background*) citra dan warna putih sebagai objeknya. Kemudian dilakukan operasi *thresholding* citra dimana pada proses ini merubah setiap *pixel* hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan yaitu 0 dan 1. Nilai 1 menyatakan *pixel* putih sedangkan nilai 0 menyatakan *pixel* hitam, yang ditunjukkan pada Gambar 7.



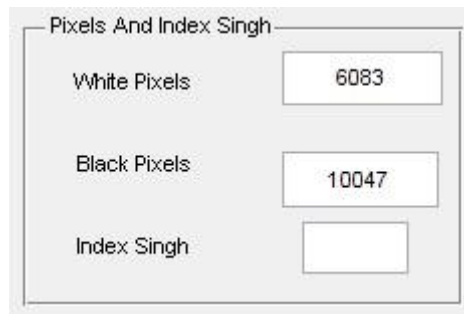
Gambar 7 Citra Hasil *Thresholding*

Setelah didapatkan citra biner, maka akan dilakukan perhitungan area, dimana yang akan dihitung adalah citra *x-ray vertebra spinalis* yang sebelumnya di *thresholding* kedalam bentuk citra hitam dan putih. Dengan perhitungan menggunakan kolom dan baris citra, yang setiap kolom dan baris pada *pixel* putih bernilai 1 dan dijumlahkan dalam total dari keseluruhan *pixel*.



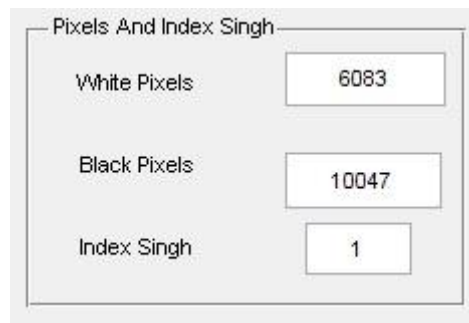
Gambar 8 Area Citra *Vertebra Spinalis* yang akan Dihitung

Terlihat pada Gambar 8 *pixel* putih bernilai 1 serta *pixel* hitam bernilai 0 merupakan sebuah proses dari perhitungan area pada kolom dan baris tersebut, maka hasil dari proses perhitungan area ini menghasilkan jumlah *pixel* yang sudah ditentukan masing-masing jumlah nilainya yang bisa dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9 Hasil *Pixel* Citra dari Perhitungan Area

Proses *Index Singh* merupakan klasifikasi dari hasil perhitungan area. Nilai klasifikasi ini bernilai dari *grade* 1 sampai 6, sehingga klasifikasi dari *Index Singh* ditentukan dari hasil jumlah *pixel* yang keluar pada proses perhitungan area citra *x-ray vertebra spinalis*, yang sebelumnya sudah masuk kedalam metode *Statistical*. Proses penentuan *Index Singh* terlihat pada kolom Gambar 10.



Gambar 10 Klasifikasi *Index Singh*

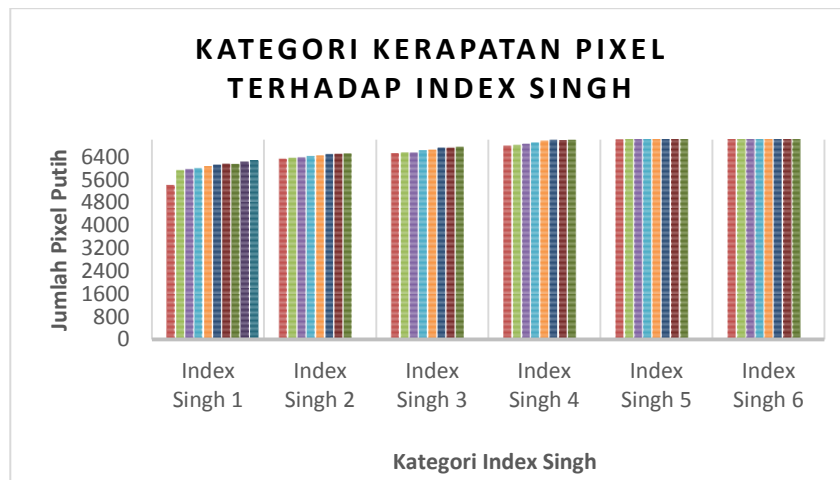
Dengan menggunakan gabungan dari *Statistical-Index Singh* terhadap 50 sampel data citra *x-ray* dapat dirangkum hasil *pixel* dan pengelompokan *index Singh* terlihat seperti pada Tabel 1. Penelitian ini menunjukkan jumlah *pixel* putih yang merupakan representasi dari kerapatan tulang vertebra spinalis terbesar adalah 7.983 *pixel* dan *pixel* putih terkecil adalah 5.410 *pixel*.

Tabel 1. Jumlah *pixel* putih terhadap *index Singh*

No	<i>Index Singh</i> 1	<i>Index Singh</i> 2	<i>Index Singh</i> 3	<i>Index Singh</i> 4	<i>Index Singh</i> 5	<i>Index Singh</i> 6
1	6.266	6.512	6.747	6.998	7.219	7.983
2	6.215	6.492	6.711	6.980	7.192	7.862

3	6.153	6.477	6.708	6.976	7.103	7.620
4	6.151	6.444	6.645	6.964	7.082	7.571
5	6.109	6.421	6.630	6.893	7.059	7.487
6	6.083	6.379	6.544	6.850	7.028	7.426
7	6.001	6.356	6.543	6.794	7.016	7.339
8	5.966	6.323	6.520	6.778	7.001	7.338
9	5.921	-	-	-	-	-
10	5.410	-	-	-	-	-

Jika digambarkan ke dalam bentuk grafik maka penelitian ini menghasilkan seperti terlihat pada Gambar 11. Hasil dari setiap nilai jumlah *pixel* putih masing-masing dikelompokkan kedalam enam bagian dari *Index Singh* yaitu *grade* 1 sampai dengan *grade* 6. Dari jumlah 50 sampel data uji *pixel* putih, hasil dari hitung *pixel* tersebut maka dianggap sebagai nilai dari kerapatan citra *x-ray* tulang *vertebra spinalis*.



Gambar 11. Grafik kategori kerapatan pixel putih terhadap index Singh

Secara keseluruhan pada setiap kelompok *index Singh* 1 sampai *index Singh* 6 terlihat bahwa di dalam kelompok masing-masing tersebut jumlah setiap subjek dari data *pixel* putih paling banyak dalam kelompok terdapat pada kategori osteoporosis. Keseluruhan *pixel* putih rata-rata pada kelompok masing-masing adalah dalam kategori *osteopenia* dan normal.

Tabel 2. Nilai Presentase Terhadap *Index Singh*

No	<i>Index Singh</i> 1	<i>Index Singh</i> 2	<i>Index Singh</i> 3	<i>Index Singh</i> 4	<i>Index Singh</i> 5	<i>Index Singh</i> 6
1	38,85%	40,37%	41,83%	43,38%	44,76%	49,49%
2	38,53%	40,25%	41,61%	43,27%	44,59%	48,74%
3	38,15%	40,15%	41,59%	43,25%	44,04%	47,24%
4	38,13%	39,95%	41,20%	43,17%	43,91%	46,94%
5	37,87%	39,81%	41,10%	42,73%	43,76%	46,42%
6	37,71%	39,55%	40,57%	42,47%	43,57%	46,04%
7	37,20%	39,40%	40,56%	42,12%	43,50%	45,50%
8	36,99%	39,20%	40,42%	42,02%	43,40%	45,49%
9	36,71%	-	-	-	-	-
10	33,54%	-	-	-	-	-

Nilai persentase dari setiap *pixel* putih citra *x-ray vertebra spinalis* terlihat pada Tabel 2 bahwa dari range 33,54 % - 38, 85% menunjukkan nilai tersebut adalah kelompok dari *Index Singh* 1 dengan kategori kelompok *osteoporosis*. Pada *Index Singh* 2, *Index Singh* 3, *Index Singh* 4, dan *Index Singh* 5 dengan persentase nilai range dari 39,20% - 44,76% termasuk dalam kategori kelompok *osteopenia*.

Nilai persentase dengan *range* 45,49% - 49,49% nilai rata-rata pada kelompok termasuk dalam *Index Singh* 6 dengan kategori normal.

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 50 data sampel, maka diperoleh hasil uji sistem dengan kategori justifikasi osteoporosis, *osteopenia* sebanyak 42 sampel dan sisanya 8 sampel pada kondisi normal. Pengujian terakhir yaitu uji akurasi sistem secara keseluruhan, dimana sampel yang ada akan dibandingkan dengan justifikasi manual oleh dokter secara manual. Hasil uji keseluruhan menunjukkan persentase akurasi data uji sistem dengan validasi justifikasi dokter, yaitu diperoleh sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\text{Data uji sama sampel}}{\text{jumlah uji data sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{38}{50} \times 100\% = 76\% \end{aligned}$$

Dengan pernyataan sebagai berikut :

- a) Akurasi validasi dokter = 100% (benar semua)
- b) Akurasi uji sistem = 76%
- c) Kesalahan uji sistem (*error*) = 24%

Pada proses perhitungan akurasi yang telah diperoleh, yaitu diambil dari hasil jumlah data uji sama sampel citra *x-ray* dibagi dengan seluruh jumlah uji data citra *x-ray* sebanyak 50 sampel, yang keseluruhan sampel tersebut telah di proses kedalam *image processing* dan menggunakan perhitungan luas area pada citra *x-ray vertebra spinalis* yang menghasilkan jumlah *pixel* putih dan *pixel* hitam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan maka secara keseluruhan sistem bantu identifikasi deteksi dini osteoporosis menggunakan metode *blended Statistical-Index Singh* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Citra *x-ray vertebra spinalis* sudah cukup baik untuk digunakan sebagai sampel uji sistem bantu identifikasi osteoporosis sehingga asas mudah dan gampang didapat dapat terpenuhi;
2. Metode statistik dapat membantu mengelompokkan jumlah *pixel* putih ke dalam index Singh dalam menentukan grade osteoporosis;
3. Hasil penelitian ini menunjukkan representasi luas area berdasarkan *pixel* putih yang tertinggi adalah 7.983 *pixel* masuk dalam index Singh 6 sedangkan yang terendah adalah 5.410 *pixel* masuk dalam index Singh 1;
4. Setelah dilakukan pengujian secara keseluruhan sistem ini dapat memberikan akurasi sebesar 76%.

Secara keseluruhan sistem bantu identifikasi deteksi osteoporosis ini masih perlu ditingkatkan akurasinya agar sistem mampu memberikan tingkat kepercayaan terhadap user lebih yakin dan percaya terhadap keandalannya.

PERNYATAAN

Terimakasih diucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Kopertis wilayah VI yang membiayai penelitian ini melalui DIPA Kopertis VI tahun anggaran 2018.

REFERENSI

- [1] A. Sefrina and M. Service, *Osteoporosis The Silent Disease: Mencegah, Mengenali, dan Mengatasi* hingga Tuntas, Yogyakarta: Andi Publisher, 2016.
- [2] W. Anjarwati, *Tulang dan Tubuh Kita*, Yogyakarta: Getar Hati, 2010.
- [3] Wiyono, B. Nugroho, S. Wardoyo and T. Firmansyah, "Analisa Citra X-Ray Tulang Vertebra Spinal Menggunakan Komparasi Pixel Biner Untuk Deteksi Osteoporosis," in *National*

- Conference on Industrial Electrical and Electronic (NCIEE)*, Cilegon, Banten., 2016.
- [4] Sihombing, Markus, U. Sunarya and a. R. D. Atmaja, "Deteksi Penyakit Tulang Osteopenia dan Osteoporosis Menggunakan Metode Threshold Otsu," Telkom University, Bandung, 2014.
- [5] M. Sadikin, I. Muttakin, S. Wardoyo, T. Firmansyah and I. Nawawi, "Deteksi Tingkat Osteoporosis Pada Vertebra Spinalis Menggunakan Index-Singh," *PROtek*, 4(1), pp. 30-34, 2017.
- [6] S. Prihatini, V. K. Mahirawati and A. B. Jahari, "Faktor Determinan Resiko Osteoporosis Di Tiga Provinsi di Indonesia," *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, vol. Volume XX, no. Nomor 2, pp. 91-99, 2010.
- [7] C. Pearce, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedic*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [8] "<http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/106/jtptunimus-gdl-handayanig-5251-2-bab2.pdf>," [Online]. Available: <http://digilib.unimus.ac.id/>. [Accessed Senin, 11 Juni 2018].
- [9] R. Harun, "Hubungan Antara Gambaran Singh Index Dengan Umur Orang Makassar,Indonesia," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2007.
- [10] M. R. Salamat, N. Rostampour, S. J. Zofaghari, H. Hoseyni-Panah and M. & Javdan, "Comparison of Singh index accuracy and dual energy X-ray absorptiometry bone mineral density measurement for evaluating osteoporosis," *International Journal of Radiation Research*, vol. 8, no. 2, pp. 123-128, 2010.
- [11] W. Anjarwati, *Tulang dan Tubuh Kita*, Yogyakarta: Getar Hati, 2010.