

**DETEKSI OSTEOPOROSIS PADA CITRA X-RAY TULANG TANGAN
BERDASARKAN FITUR TEKSTUR, GEOMETRI, DAN RUANG
WARNA MENGGUNAKAN METODE NAIVE BAYES**

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Setya Maulana
NIM. 19640026



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PENGAJUAN

**DETEKSI OSTEOPOROSIS PADA CITRA X-RAY TULANG TANGAN
BERDASARKAN FITUR TEKSTUR, GEOMETRI, DAN RUANG
WARNA MENGGUNAKAN METODE NAIVE BAYES**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
Muhammad Setya Maulana
NIM. 19640026**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

DETEKSI OSTEOPOROSIS PADA CITRA X-RAY TULANG TANGAN
BERDASARKAN FITUR TEKSTUR, GEOMETRI, DAN RUANG WARNA
MENGUNAKAN METODE NAIVE BAYES

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Setya Maulana
19640026

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji
Pada Hari, Tanggal: Kamis, 15 Juni 2023

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I
NIDT. 19790502 21080201 2 208

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002


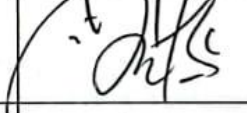

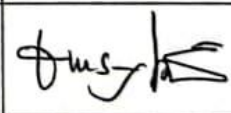
HALAMAN PENGESAHAN

DETEKSI OSTEOPOROSIS PADA CITRA X-RAY TULANG TANGAN
BERDASARKAN FITUR TEKSTUR, GEOMETRI, DAN RUANG WARNA
MENGUNAKAN METODE NAIVE BAYES

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Setya Maulana
NIM. 19640026

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 15 Juni 2023

Penguji Utama	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I</u> NIDT. 19790502 21080201 2 208	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Inom Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Setya Maulana
NIM : 19640026
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Deteksi Osteoporosis Pada Citra X-Ray Tulang Tangan Berdasarkan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Menggunakan Metode Naive Bayes

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Setya Maulana
NIM. 19640026

MOTTO

“Teruslah Melangkah dengan Optimis dan Penuh Keyakinan Meskipun Lelah
Meskipun Payah Meskipun Berdarah-darah”

HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلَا أَنْ هَدَانَا اللَّهُ
وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى أَشْرَفِ الْأَنْبِيَاءِ وَالْمُرْسَلِينَ سَيِّدِنَا وَمَوْلَانَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ
أَجْمَعِينَ

Penulis persembahkan karya tulis ini kepada kedua orang tua “Bapak Suprayitno dan Ibu Wiwin Erlina” serta kedua kakak “ Puspa Erliananda Praleliana dan Aisyah Nur Rizki Dwi Putri” yang sangat penulis sayangi.

Terimakasih atas do’a, semangat, serta dukungan yang tiada henti.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan berbagai rahmat dan nikmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Deteksi Osteoporosis pada Citra X-Ray Tulang Tangan Berdasarkan Fitur Tekstur, Geometri, Dan Ruang Warna Menggunakan Metode Naive Bayes". Sholawat dan salam saya tujukan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pemandu umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman pencerahan seperti saat ini.

Saya menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan bisa terwujud dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan proposal skripsi ini. Ucapan terima kasih saya tujukan kepada:

1. Keluarga saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam segala hal.
2. Nada Nadhira Najwa Mazaya yang selalu ada mendampingi penulis menyelesaikan skripsi dari awal hingga akhir.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes, selaku Dosen Pembimbing Skripsi Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Seluruh dosen Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berbagi ilmu dan pengetahuan berharga dalam mendukung penulisan proposal ini.

6. Staf dan pegawai di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu kami dengan keramahan dan pelayanan yang baik
7. Sahabat dan teman-teman di program studi Fisika angkatan 2019 yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini.
8. Seluruh pihak yang telah membantu saya secara langsung maupun tidak langsung demi keberhasilan penulisan proposal skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka dengan berlipat ganda, baik di dunia maupun di akhirat. Saya berharap proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi saya dan semua yang membacanya, serta turut berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kebaikan bersama.

Malang, 15 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II DASAR TEORI	8
2.1 Osteoporosis	8
2.1.1 Pengertian Osteoporosis	8
2.1.2 Diagnosis Osteoporosis	10
2.2 Citra	11
2.3 Tekstur	14
2.4 Geometri	15
2.4.1 Fraktal	15
2.4.2 Dimensi Fraktal	17
2.4.3 <i>Box Counting</i>	18
2.4.4 Deteksi Tepi Canny	19
2.5 Ruang Warna	20
2.6 Naive Bayes	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
3.4 Prosedur Penelitian	25
3.4.1 Pengumpulan Data Citra	25
3.4.2 Segmentasi dan Perhitungan Fitur Citra	25
3.4.2.1 Tekstur	25

3.4.2.2 Geometri	25
3.4.2.3 Ruang Warna	26
3.4.3 Hasil Perhitungan Fitur Citra	26
3.4.4 Deteksi Metode Naive Bayes	26
3.4.4.1 Data <i>Training</i>	27
3.4.4.2 Data <i>Testing</i>	28
3.4.5 Ketepatan Deteksi	29
3.4.6 Desain <i>Interface</i> GUI Matlab	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Penjelasan Aplikasi	32
4.2 Hasil Implementasi	35
4.2.1 Segmentasi dan Perhitungan Fitur Citra	35
4.2.2 Perhitungan Fitur Citra	37
4.2.2.1 Data Training	38
4.2.2.2 Hasil Analisa Fisika Citra Tulang Tangan	39
4.2.2.3 Data Testing	39
4.2.2.4 Hasil Deteksi Aplikasi	40
4.2.3 Ketepatan Deteksi	40
4.3 Pembahasan	42
4.4 Integrasi Islam	47
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra x-ray Tulang Tangan Normal (Kiri) dan Osteoporosis (Kanan)	11
Gambar 2.2 Representasi Warna RGB	12
Gambar 2.3 Skala yang digunakan pada <i>Grayscale</i>	13
Gambar 2.4 Contoh Citra Biner	13
Gambar 2.5 <i>Self Similarity Fractal</i>	16
Gambar 2.6 Contoh Pembagian Kotak pada Metode <i>Box Counting</i>	19
Gambar 2.7 Hasil Deteksi Tepi Metode Canny	20
Gambar 2.8 Ruang Warna pada HSV	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Desain Interface GUI Matlab Deteksi Osteoporosis	31
Gambar 4.1 Tampilan Utama Aplikasi	32
Gambar 4.2 Tampilan Hasil Buka Citra	33
Gambar 4.3 Tampilan Hasil Segmentasi Citra	33
Gambar 4.4 Tampilan Hasil Ekstraksi Citra	34
Gambar 4.5 Tampilan Hasil Deteksi Citra	34
Gambar 4.6 Tampilan Hasil Reset Aplikasi	35
Gambar 4.7 Citra <i>Grayscale</i> Tulang Tangan	36
Gambar 4.8 Citra Biner Tulang Tangan	36
Gambar 4.9 Citra Tepi Canny Tulang Tangan	37
Gambar 4.10 Citra RGB Tulang Tangan	37
Gambar 4.11 Citra HSV Tulang Tangan	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Training</i>	27
Tabel 3.2 Rata-Rata Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Training</i>	27
Tabel 3.3 Analisa Fisika Citra Tulang Tangan Normal, Osteopenia, dan Osteoporosis	28
Tabel 3.4 Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Testing</i>	28
Tabel 3.5 Deteksi Aplikasi	28
Tabel 4.1 Status Tulang Data <i>Training</i>	38
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Training</i>	38
Tabel 4.3 Rata-Rata Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Training</i>	39
Tabel 4.4 Hasil Analisa Fisika Citra Tulang Tangan Normal, Osteopenia, dan Osteoporosis	39
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data <i>Testing</i>	40
Tabel 4.6 Hasil Deteksi	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code Untuk Input Citra	53
Lampiran 2. Source Code Untuk Segmentasi Citra	54
Lampiran 3. Source Code Untuk Ekstraksi Fitur Citra	55
Lampiran 4. Source Code Untuk Deteksi Citra	57
Lampiran 5. Source Code Untuk Reset Aplikasi	58

ABSTRAK

Maulana, Muhammad S, 2023. **Deteksi Osteoporosis Pada Citra X-Ray Tulang Tangan Berdasarkan Fitur Tekstur, Geometri, Dan Ruang Warna Menggunakan Metode Naive Bayes**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I

Kata Kunci: Deteksi Osteoporosis, Pengolahan Citra, Algoritma Klasifikasi

Berdasarkan analisis data resiko osteoporosis tahun 2005 oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, ditemukan bahwa prevalensi osteopenia mencapai 41,7% dan prevalensi osteoporosis sebesar 10,3%. Artinya, 2 dari 5 orang di Indonesia beresiko terkena osteoporosis. Maka pencegahan dan pengobatan osteoporosis harus dilakukan dengan deteksi dan penanganan segera. Teknik deteksi osteoporosis yang banyak digunakan saat ini ialah *Dual Energy X-Ray Absorptiometri* (DEXA). Akan tetapi, mahalanya biaya penggunaan alat ini menuntut adanya alternatif untuk mendeteksi penyakit ini dengan biaya yang murah dan mudah. Teknologi pengolahan citra memiliki potensi besar untuk mendeteksi osteoporosis secara mudah dan terjangkau. Dengan memanfaatkan pengolahan citra berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna citra x-ray tulang dapat dianalisa perbedaan antara tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis. Penelitian ini menggunakan algoritma naive bayes untuk melakukan klasifikasi tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisa fisika citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna dan untuk mengetahui hasil dan akurasi deteksi osteoporosis menggunakan metode naive bayes. Hasil Analisa Fisika menunjukkan bahwa citra tulang normal lebih abu-abu, sebaran derajat keabuan yang berdekatan, tekstur yang homogen dan halus, lebih jernih, murni, dan cerah daripada citra tulang osteopenia dan osteoporosis. Pada penelitian ini didapatkan akurasi deteksi sebesar 100% pada setiap kelas normal, osteopenia, dan osteoporosis.

ABSTRACT

Maulana, Muhammad S, 2023. **Detection of Osteoporosis in X-Ray Image of Hand Bones Based on Texture, Geometry, and Color Space Features Using the Naive Bayes Method.** Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor : (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I

Keyword: Osteoporosis Detection, Image Processing, Classification Algorithm

Based on an analysis of osteoporosis risk data in 2005 by the Ministry of Health of the Republic of Indonesia, it was found that the prevalence of osteopenia reached 41.7% and the prevalence of osteoporosis was 10.3%. That is, 2 out of 5 people in Indonesia are at risk of developing osteoporosis. So the prevention and treatment of osteoporosis must be done with detection and immediate treatment. The most widely used osteoporosis detection technique today is *Dual Energy X-Ray Absorptiometry* (DEXA). However, the high cost of using this tool requires an alternative to detect this disease that is cheap and easy. Image processing technology has great potential to detect osteoporosis easily and affordably. By utilizing image processing based on texture, geometry, and color space features of bone x-ray images, the difference between normal bone, osteopenia, and osteoporosis can be analyzed. This study uses the Naive Bayes algorithm to classify normal bones, osteopenia, and osteoporosis. The purpose of this study was to determine the results of physical analysis of x-ray images of normal hand bones, osteopenia, and osteoporosis based on texture, geometry, and color space features and to determine the results and accuracy of osteoporosis detection using the Naive Bayes method. The results of the physical analysis show that the normal bone images are grayer, the gray degree distribution is close together, the texture is homogeneous and smooth, clearer, pure, and brighter than the osteopenia and osteoporosis bone images. In this study, the detection accuracy was 100% for each class of normal, osteopenia, and osteoporosis.

مستخلص البحث

مولانا ، محمد س. ٢٠٢٣. الكشف عن هشاشة العظام في صورة الأشعة السينية لعظام اليد بناءً على الملمس والهندسة وخصائص مساحة اللون باستخدام طريقة ساذجة بايز. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. أجوس موليونو، الماجستير. المشرف الثاني: مبشرة، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: كشف هشاشة العظام ، معالجة الصور ، خوارزمية التصنيف

بناءً على تحليل بيانات مخاطر ترقق العظام في عام ٢٠٠٥ من قبل وزارة الصحة في جمهورية إندونيسيا ، وجد أن انتشار هشاشة العظام وصل إلى ٤١,٧٪ وانتشار هشاشة العظام كان ١٠,٣٪. أي أن ٢ من كل ٥ أشخاص في إندونيسيا معرضون لخطر الإصابة بهشاشة العظام. لذلك يجب أن يتم الوقاية من مرض هشاشة العظام وعلاجه من خلال الكشف والعلاج الفوري. أكثر تقنيات الكشف عن هشاشة العظام استخدامًا اليوم هي قياس امتصاص الأشعة السينية ثنائي الطاقة. ومع ذلك ، فإن التكلفة العالية لاستخدام هذه الأداة تتطلب بديلاً للكشف عن هذا المرض وهو رخيص وسهل. تتمتع تقنية معالجة الصور بإمكانيات كبيرة للكشف عن هشاشة العظام بسهولة وبتكلفة معقولة. من خلال استخدام معالجة الصور على أساس الملمس والهندسة وخصائص مساحة اللون لصور الأشعة السينية للعظام ، يمكن تحليل الفرق بين العظام الطبيعية وهشاشة العظام وهشاشة العظام. تستخدم هذه الدراسة خوارزمية ساذجة بايز لتصنيف العظام الطبيعية وهشاشة العظام وهشاشة العظام. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد نتائج التحليل الفيزيائي لصور الأشعة السينية لعظام اليد الطبيعية وهشاشة العظام وهشاشة العظام بناءً على الملمس والهندسة وخصائص مساحة اللون وتحديد نتائج ودقة الكشف عن هشاشة العظام باستخدام الساذجة طريقة بايز. تظهر نتائج التحليل الفيزيائي أن صور العظام الطبيعية هي أكثر رمادية ، وتوزيع الدرجة الرمادية قريب من بعضها البعض ، والملمس متجانس وسلس ، وأكثر وضوحًا ، ونقيًا ، وأكثر إشراقًا من صور هشاشة العظام وهشاشة العظام. في هذه الدراسة ، كانت دقة الكشف ١٠٠٪ لكل فئة من الفئات الطبيعية وهشاشة العظام وهشاشة العظام.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rangka tubuh manusia merupakan rangkaian tulang yang tersusun secara teratur dan berfungsi sebagai tempat melekatnya otot dan pelindung organ lunak. Allah SWT telah menerangkan bagaimana proses terbentuknya tubuh manusia dimulai dari saripati tanah menjadi tulang belulang hingga daging, sebagaimana yang tertuang di dalam Al-Qur'an pada surat Al-Mu'minin ayat 12 sampai 14 yaitu :

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِنْ طِينٍ ۖ ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَكِينٍ ۖ ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا فَكَسَوْنَا الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنْشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ ۖ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ (المؤمنون : ١٢-١٤)

Artinya: “Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu saripati (berasal) dari tanah. Kemudian Kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). Kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian Kami jadikan dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha Sucilah Allah, Pencipta Yang Paling Baik” (Al-Mukminun : 12-14).

Menurut tafsir Jalalain, Allah SWT berfirman bahwa Dia menciptakan manusia, yaitu Adam, dari sari pati. Sari pati itu berasal dari tanah kemudian menjadi segumpal darah yang kemudian menjadi segumpal daging. Kemudian, dari segumpal daging itu, Allah menjadikannya tulang-belulang yang dilapisi dengan daging. Menurut bacaan yang berbeda, ada kata ‘*Izhaaman*’ yang dibaca ‘*Azhman*’ dalam dua tempat yang artinya dalam bentuk tunggal.

Dan kata "*Khalaqnaa*" yang berarti "*Kami mencipta*" digantikan dengan "*Shayyarnaa*" yang berarti "*Kami menjadikan dia*". Kemudian Allah meniupkan ruh ke dalam tubuhnya, menjadikannya makhluk yang berbeda. Maha Suci Allah, Pencipta yang paling baik. Sedangkan kata "*Mumayyiz*" dari kata "*Ahsan*" tidak disebutkan, karena sudah jelas bahwa itu adalah "*Khalqan*".

Asbabun nuzul (sebab turunnya) ayat ini diriwayatkan oleh Ibnu Abi Hatim dari Umar bahwa Umar memiliki pandangan yang sejalan dengan kehendak Allah dalam empat hal, salah satunya adalah tentang turunnya ayat "*Wa laqad khalaqnal insaana min sulalaatim min thiin*" (dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu hakikat (berasal dari tanah) hingga "*Khalqan aakhar*" (makhluk yang dalam bentuk lain). Ketika mendengar ayat tersebut, Umar berkata: "*Fa tabaarakallaahu ahsanul khaaliqin*" (Maha Suci Allah, pencipta yang paling baik). Kemudian sampailah pada akhir ayat yang sejalan dengan perkataan Umar (*Al-Mu'minuun*: 14).

Tulang mengalami pertumbuhan dan perkembangan seiring dengan bertambahnya usia, yang menyebabkan risiko osteoporosis semakin tinggi jika gaya hidup tidak sehat dan asupan kalsium serta fosfor kurang (Gomez, 2006). Meskipun osteoporosis biasanya terjadi pada usia lanjut, penyakit ini juga dapat menyerang remaja akibat kurangnya asupan gizi dan aktivitas fisik yang rendah. Osteoporosis adalah kondisi di mana tulang kehilangan kepadatan dan kekuatan, membuatnya rentan patah atau retak (Zaviera, 2007).

Berdasarkan analisis data risiko osteoporosis tahun 2005 yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan perusahaan gizi di beberapa daerah di Indonesia menggunakan

metode pemeriksaan DMT (Bone Mineral Density) dengan menggunakan alat diagnostik sonometer tulang klinis, ditemukan bahwa prevalensi osteopenia (osteoporosis dini) mencapai 41,7% dan prevalensi osteoporosis sebesar 10,3%. Artinya, 2 dari 5 orang di Indonesia berisiko terkena osteoporosis, dan 41,2% dari total sampel berusia di bawah 55 tahun terdeteksi mengalami osteopenia (Kemenkes, 2008).

Pencegahan dan pengobatan osteoporosis dapat dilakukan dengan deteksi dan penanganan segera. Namun, permasalahan yang dihadapi adalah tidak dapat membedakan secara visual antara gambar tulang normal dan osteoporosis secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan teknologi seperti pengolahan citra untuk mendeteksi dan mendiagnosis penyakit ini. Salah satu teknik diagnosa yang sering digunakan adalah *Dual Energy X-Ray Absorptiometry* (DEXA), tetapi alat ini cukup mahal. Oleh karena itu, teknologi pengolahan citra medis diperlukan untuk membantu para profesional medis dalam mendeteksi osteoporosis secara mudah dan terjangkau. Teknologi pengolahan citra memiliki potensi besar dalam membantu dokter dalam pencegahan dini, diagnosis, dan terapi pasien. Secara praktis, para ahli medis mengandalkan visualisasi gambar untuk membaca dan mendiagnosis penyakit pasien.

Citra rontgen tulang merupakan salah satu bentuk citra medis yang umum digunakan untuk mengetahui kelainan struktur dan disfungsi tulang pada manusia. Kelainan struktur tulang yang merupakan salah satu ciri osteoporosis dapat diketahui melalui analisa fitur tekstur berupa nilai *mean* dan standar deviasi dari derajat keabuan suatu citra. Derajat keabuan citra menggambarkan kepadatan suatu citra berdasarkan intensitas keabuan suatu piksel dengan pixel tetangganya.

Semakin tinggi nilai derajat keabuan menunjukkan semakin padat pada struktur citra. *Mean* menunjukkan nilai rata-rata derajat keabuan citra dan standar deviasi menunjukkan nilai persebaran derajat keabuan citra dengan rata-ratanya. Kedua nilai ini signifikan untuk membedakan tekstur pada suatu citra (Bisri,2013).

Kemudian kelainan struktur tulang dapat diidentifikasi melalui analisis fitur geometrik yaitu nilai dimensi fraktal. Dimensi fraktal menunjukkan derajat ketidakteraturan tekstur tulang pada citra, semakin tinggi tingkat ketidakteraturan tekstur tulang pada citra menandakan tulang tersebut terkena osteoporosis. Pada umumnya citra tulang normal memiliki tingkat ketidakteraturan tekstur yang rendah (Insani, 2018). Nilai dimensi fraktal dapat dianalisis menggunakan metode *Box Counting*. *Box counting* adalah metode menghitung dimensi fraktal dengan cara membagi citra menjadi kotak-kotak kecil dengan berbagai ukuran. Pada metode ini data akan diolah untuk mendapatkan citra biner kemudian dihitung dimensi fraktalnya (Isnaini, 2019). Dalam bidang pengolahan citra telah banyak dilakukan penelitian untuk mencari dimensi fraktal dengan menggunakan metode fraktal berbasis *box counting*. Seperti pada tahun 2014, Wa Ode Siti Nur Alam dan Mustarum Musaruddin melakukan penelitian analisis fitur fraktal citra mammogram untuk deteksi dini kanker payudara. Penelitian ini menggunakan citra termal jaringan payudara normal dan citra termal kanker payudara. Hasil yang diperoleh adalah dimensi fraktal citra termal payudara normal lebih kecil yaitu 1,0725 hingga 1,2689, sedangkan citra termal kanker payudara 1,4581 hingga 1,8515 (Alam, 2014).

Selain fitur tekstur dan geometri, keadaan tulang yang abnormal juga dapat dianalisis menggunakan fitur ruang warna. Fitur ruang warna merupakan

representasi abstrak yang menggambarkan bagaimana warna dapat diartikan sebagai deretan angka. Salah satu metode penting dalam analisis gambar berdasarkan ruang warna adalah ruang warna HSV (*Hue, Saturation, dan Value*) (Siti, 2015). Ruang warna HSV menggunakan citra RGB sebagai dasar untuk mengubahnya menjadi nilai *hue, saturation, dan value*. *Hue* merepresentasikan warna sebenarnya seperti merah, violet, dan kuning, dan digunakan untuk menentukan karakteristik seperti kemerahan (*redness*) dan kehijauan (*greenness*), sementara *saturation*, kadang juga disebut *chroma*, mengindikasikan kejenuhan warna, dan *value* menggambarkan tingkat kecerahan warna. *Value* mencerminkan intensitas pantulan objek yang diterima oleh mata, dinyatakan dalam perubahan warna dari putih menjadi abu-abu dan akhirnya menjadi hitam, atau yang lebih dikenal dengan tingkat keabuan atau grayscale (Kadir, 2013).

Hasil analisis fitur citra memegang peranan yang sangat penting untuk digunakan sebagai data dalam pendeteksian suatu citra. Untuk mendeteksi hasil analisis citra dapat menggunakan metode Naive Bayes. Metode Naive Bayes merupakan pendekatan statistik dalam pengenalan pola untuk mendeteksi suatu citra. Metode ini sangat cocok untuk mendeteksi citra yang memiliki beberapa parameter fitur sehingga menghasilkan akurasi yang tinggi. Deteksi menggunakan metode Naive Bayes dilakukan oleh Nur Laili pada tahun 2013 untuk mendeteksi retinopati diabetik dan mencapai akurasi deteksi retinopati diabetik dengan persentase 97%, deteksi DR, kadar NPDR 100% dan PDR 86% (Laili, 2013) .

Pada penelitian ini tujuan tersirat yang ingin disampaikan yaitu betapa pentingnya kesehatan pada tubuh kita, khususnya pada tulang untuk mengantisipasi dan menangani penyakit osteoporosis. Kesehatan pada tulang

sangat penting agar kita bisa menjalani aktivitas ibadah dengan sempurna. Pentingnya kesehatan juga pernah disabdakan Nabi Muhammad SAW sebagaimana hadits berikut :

اِغْتَنِمِ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ: شَبَابَكَ قَبْلَ هَرَمِكَ، وَصِحَّتَكَ قَبْلَ سَقَمِكَ، وَغِنَاءَكَ قَبْلَ فُقْرِكَ، وَفَرَاغَكَ قَبْلَ شُغْلِكَ، وَحَيَاتَكَ قَبْلَ مَوْتِكَ.

Artinya: “Manfaatkanlah lima perkara, sebelum datang lima perkara: (1) Masa mudamu sebelum masa tuamu. (2) Sehatmu sebelum sakitmu. (3) Kayamu sebelum miskinmu. (4) Waktu luangmu sebelum sibukmu. (5) Hidupmu sebelum datang matimu” (HR. Al Hakim dalam Al Mustadroknya, dikatakan oleh Adz Dzahabiy dalam At Talkhish berdasarkan syarat Bukhari-Muslim).

Berdasarkan penelitian dan kajian sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian dengan judul ”Deteksi Osteoporosis pada Citra X-Ray Tulang Tangan Berdasarkan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Menggunakan Metode Naive Bayes”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dituliskan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisa fisika citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna?
2. Bagaimana hasil dan akurasi deteksi osteoporosis menggunakan metode naive bayes?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah deteksi osteoporosis pada citra x-ray tulang tangan dengan keluaran kelas normal, osteopenia, dan osteoporosis menggunakan metode naive bayes berdasarkan fitur tekstur (*mean* dan standar deviasi), geometri (dimensi fraktal), dan ruang warna (*hue, saturation, dan value*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil analisa fisika citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna.
2. Untuk mengetahui hasil dan akurasi deteksi osteoporosis menggunakan metode naive bayes.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui perbedaan nilai fitur tekstur, geometri, dan ruang warna pada citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis.
2. Dapat mendeteksi osteoporosis pada citra x-ray tulang tangan menggunakan metode naive bayes.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Osteoporosis

2.1.1 Pengertian Osteoporosis

Osteoporosis merujuk pada kondisi umum di mana terjadi penurunan jumlah jaringan tulang dan terdapat kelainan dalam struktur atau bentuk mikroskopis tulang. Akibatnya, tulang menjadi lemah dan rentan terhadap patah. Dampak osteoporosis dapat disamakan dengan kegagalan fungsi tulang, yang serupa dengan proses gagal jantung setelah bertahun-tahun tekanan darah tinggi yang tidak terkontrol. Meskipun osteoporosis tidak menunjukkan gejala yang jelas, dampaknya yang tidak diatasi dapat menyebabkan patah tulang yang disertai dengan nyeri kronis, perubahan bentuk tulang, dan bahkan kecacatan (Gomez, 2006).

Dengan pemahaman ini, dapat disimpulkan bahwa osteoporosis adalah suatu penyakit yang tidak menampilkan gejala secara nyata, tetapi lebih merupakan akibat berupa patah tulang dan nyeri kronis yang dihasilkan dari penurunan jumlah jaringan tulang dan kelainan dalam struktur atau bentuk mikroskopis tulang yang tidak normal. Referensi terhadap osteoporosis dapat ditemukan secara tersirat dalam Al Qur'an, surat Maryam ayat 4:

قَالَ رَبِّ إِنِّي وَهَنَ الْعَظْمُ مِنِّي وَاشْتَعَلَ الرَّأْسُ شَيْبًا وَلَمْ أَكُنْ بِدُعَائِكَ رَبِّ شَقِيًّا
(مریم : ٤)

Artinya: “*Ia (Zakaria) berkata, “Ya Tuhanku, sesungguhnya tulangku telah lemah dan kepalaku telah ditumbuhi uban, dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau, ya Tuhanku”*”(Maryam : 4).

Menurut tafsir Jalalain, Nabi Zakaria mengungkapkan kelemahannya kepada Allah SWT dengan berkata, “Wahai Tuhanku! Sesungguhnya aku lemah dan kepala ini telah beruban. Aku berharap Engkau tidak membuatku kecewa di masa depan.” Ayat ini merujuk pada saat Nabi Zakaria diuji oleh Allah SWT dengan tidak diberi keturunan hingga ia menjadi tua, karena istrinya mandul. Meskipun menghadapi ujian tersebut, Nabi Zakaria tetap tidak kecewa dalam berdoa kepada Allah. Dia merasa lemah dan uban telah meliputi rambut kepalanya seperti nyala api yang menjalar di atas kayu. Dalam hatinya, ia berharap agar Allah tidak membuatnya kecewa di masa depan.

Asbabun nuzul (sebab turunnya ayat) dari ayat ini adalah bahwa Nabi Zakaria diuji oleh Allah untuk tidak memiliki anak sampai ia lanjut usia karena istrinya mandul. Meskipun demikian, ujian ini tidak membuat Nabi Zakaria kecewa dalam berdoa. Dia mengungkapkan kepada Allah, “Wahai Tuhanku, aku memang lemah dan rambut kepalaku telah memutih, tetapi aku tidak pernah kecewa saat berdoa kepada-Mu, Ya Tuhanku” (Quran, Surat Maryam, ayat 4). Karena kesabaran Nabi Zakaria dalam berdoa, Allah mengabulkan permohonannya dan memberitahukan kepadanya bahwa istrinya akan melahirkan seorang anak yang bernama Yahya, yang kelak akan menjadi seorang nabi.

Dalam ilmu kedokteran, diketahui bahwa massa tulang mulai berkurang secara bertahap seiring dengan bertambahnya usia, khususnya setelah usia 40 tahun. Pada tahap selanjutnya, osteoporosis akan menyerang orang yang lebih tua karena kehilangan massa jaringan tulang yang menyebabkan kerusakan tulang, seperti yang dialami oleh Nabi Zakaria AS. Perlu dicatat bahwa pada

zaman penemuan sinar-X pada tahun 1890-an, sulit untuk mendapatkan informasi tentang kondisi tulang. Namun, Al-Qur'an telah mengandung informasi ini dengan akurasi yang sesuai dengan pengetahuan kedokteran modern.

2.1.2 Diagnosis Osteoporosis

Diagnosis osteoporosis seringkali sulit untuk dinilai secara klinis, karena tidak ada gejala nyeri pada tulang meskipun osteoporosis sudah mencapai tahap lanjut. Gejala klinis yang muncul juga seringkali tidak jelas, sehingga untuk mendapatkan diagnosis dini, pengukuran densitas atau kepadatan tulang perlu dilakukan menggunakan alat yang disebut *Bone Mineral Density* (BMD). Dalam lima puluh tahun terakhir, telah dikembangkan beberapa teknik untuk mengukur massa tulang dan kepadatan mineral tulang, terutama dalam sepuluh tahun terakhir. Semua teknik ini bergantung pada teknologi yang kompleks, karena perubahan kecil dalam massa dan kepadatan tulang dapat mencerminkan perubahan besar dalam kekuatan tulang. Salah satu teknik yang digunakan untuk mendeteksi penurunan massa tulang adalah densitometer. Teknik pemeriksaannya sederhana, cepat, dan tidak menyakitkan. Namun, teknik pemeriksaan BMD yang paling akurat dan saat ini dianggap sebagai standar emas adalah teknik *Dual Energy X-Ray Absorptiometry* (DEXA).

DEXA digunakan dalam bidang medis untuk menentukan apakah seseorang memiliki tulang yang normal, osteopenia, atau osteoporosis. Tes ini memberikan hasil berupa skor T-Score yang membandingkan nilai BMD seseorang dengan nilai BMD optimal dari orang dewasa yang sehat pada usia 30 tahun. Jika skor T-Score berada di atas -1,0, itu menunjukkan kepadatan tulang

yang normal. Skor T-Score antara -2,5 dan -1,0 menunjukkan bahwa seseorang memiliki massa tulang yang rendah (osteopenia). Skor di bawah -2,5 menunjukkan bahwa seseorang mengalami osteoporosis.

Berikut ini adalah contoh citra sinar-X tulang tangan yang menunjukkan perbedaan antara tulang yang normal dan tulang yang mengalami osteoporosis (Insani, 2018):



Gambar 2.1 Citra X-Ray Tulang Tangan Normal (Kiri) dan Osteoporosis (Kanan) (Insani, 2018)

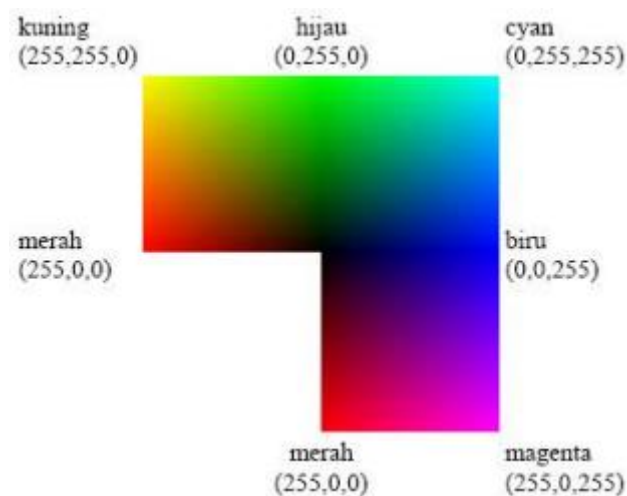
2.2 Citra

Secara harfiah, citra adalah gambar yang ada dalam bidang dua dimensi. Secara matematis, citra dapat dianggap sebagai fungsi yang kontinu, yang merepresentasikan intensitas cahaya dalam bidang dua dimensi. Ketika objek disinari oleh sumber cahaya, objek tersebut memantulkan sebagian sinar cahaya tersebut kembali (Munir, 2004). Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x, y)$, di mana x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f dapat disebut sebagai intensitas atau tingkat keabuan citra pada titik yang terletak pada koordinat x dan y . Jika x , y , dan nilai amplitudo f memiliki batas tertentu dan dapat ditentukan, maka citra tersebut diklasifikasikan sebagai citra digital. Sebuah citra digital terdiri dari beberapa elemen, di mana masing-masing elemen memiliki posisi dan nilai tertentu. Salah satu elemen yang paling umum digunakan dalam citra digital adalah piksel. Piksel adalah titik yang memiliki nilai

tertentu, yang membentuk bayangan pada lokasi yang ditentukan oleh kombinasi nilai x dan y . Terdapat tiga jenis citra yang umum, yaitu citra RGB, citra grayscale, dan citra biner.

A. Citra RGB

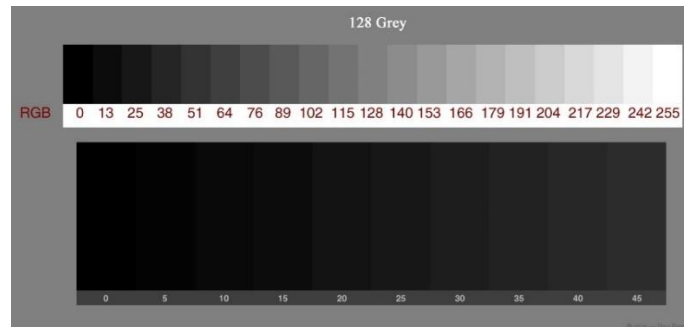
Citra RGB (*Red, Green, Blue*) adalah citra yang nilai intensitas pikselnya terdiri dari tiga kanal warna, yaitu merah, hijau, dan biru. Setiap komponen warna menggunakan 8 bit (nilainya berkisar dari 0 hingga 255). Dengan demikian, kemungkinan warna yang dapat disajikan mencapai $255 \times 255 \times 255$ atau 16.581.375 warna (Kadir, 2012):



Gambar 2.2 Representasi Warna RGB (Kadir, 2012)

B. Citra *Grayscale*

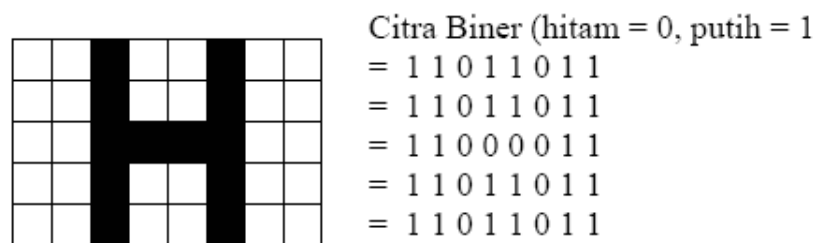
Citra *grayscale* adalah citra yang memiliki nilai mulai dari putih yang memiliki intensitas paling besar (255) hingga hitam yang memiliki intensitas paling rendah (0) seperti ditunjukkan pada gambar berikut (Indra, 2008):



Gambar 2.3 Skala yang digunakan pada *Grayscale* (Indra, 2008)

C. Citra Biner

Citra biner merupakan citra digital yang hanya memiliki 2 kemungkinan warna, yaitu hitam dan putih. Nilai 0 mewakili hitam dan nilai 1 mewakili putih. Seperti gambar di bawah ini (Putra, 2010):



Gambar 2.4 Contoh Citra Biner (Putra, 2010)

Pengolahan citra adalah kegiatan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar agar dapat lebih mudah dipahami oleh manusia. Proses ini melibatkan penggunaan gambar sebagai input dan menghasilkan gambar dengan kualitas yang lebih baik daripada gambar asalnya. Misalnya, gambar berwarna yang kurang tajam, buram, atau mengandung noise (seperti bintik-bintik putih) membutuhkan pengolahan agar informasi yang disampaikan dalam gambar tersebut tidak berkurang dan dapat dengan mudah diinterpretasikan. Pengolahan citra melibatkan berbagai disiplin ilmu, seperti fisika, elektronik, matematika, seni, bidang medis, dan teknologi komputer, sehingga bersifat multidisiplin (Usman, 2005).

2.3 Tekstur

Tekstur adalah karakteristik atau properti yang dimiliki oleh sebuah citra, tekstur juga dianggap sebagai properti kontekstual sehingga definisinya mencakup nilai tingkat keabuan dengan nilai piksel tetangga. Ukuran piksel tetangga bergantung pada jenis tekstur, sehingga tekstur dapat didefinisikan sebagai distribusi spasial dari nilai tingkat keabuan dan sebagai perbedaan antara dua tingkat resolusi suatu citra.

Fitur tekstur dapat digunakan sebagai metode untuk mengklasifikasikan tekstur berdasarkan tingkat keabuan. Derajat keabuan pada suatu citra menggambarkan kerapatan suatu citra berdasarkan intensitas keabuan suatu piksel dan piksel tetangganya. Semakin tinggi nilai derajat keabuan menunjukkan semakin rapat struktur citra. Perhitungan ini dapat digunakan untuk klasifikasi citra dan segmentasi citra. Salah satu karakteristik yang dapat digunakan adalah nilai *mean* dan standar deviasi. Nilai *mean* menunjukkan rata-rata tekstur citra dan nilai standar deviasi menunjukkan distribusi data tekstur citra antara nilai data dan rata-rata. Kedua nilai ini signifikan untuk membedakan tekstur pada suatu citra (Bisri, 2013).

$$\text{Mean } (m) = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \quad (2.1)$$

$$\text{Standar Deviasi } (\sigma): \sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)} \quad (2.2)$$

Dimana :

z_i adalah variabel intensitas derajat keabuan

$p(z_i)$ adalah peluang derajat keabuan atau histogram level intensitas dalam region

L adalah jumlah level intensitas

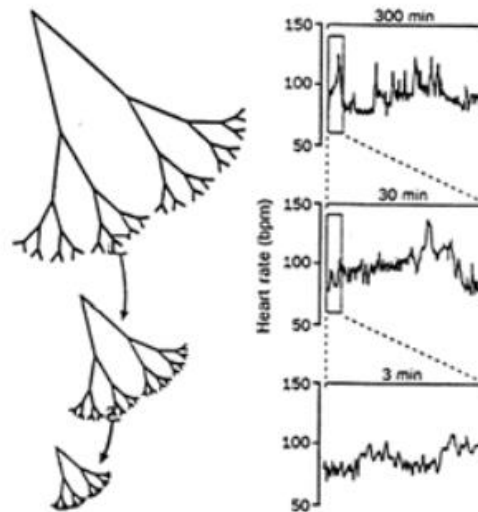
2.4 Geometri

Geometri berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu "geo" yang berarti bumi dan "metro" yang berarti ukuran (Dayang, 2010). Dengan demikian, geometri dapat diartikan sebagai pengukuran yang terkait dengan bumi. Ini berarti geometri mempelajari pengukuran segala hal yang ada di bumi ini. Geometri merupakan ilmu yang pertama kali ditemukan oleh Thales dan berkaitan dengan hubungan spasial. Menurut Susana dan Hartono, geometri adalah cabang matematika yang tidak terfokus pada hubungan antar bilangan, meskipun melibatkan penggunaan bilangan. Geometri lebih mempelajari hubungan antara titik, garis, sudut, bidang, serta hubungan antara bidang dan bentuk. Geometri menggabungkan abstraksi dari pengalaman visual dan spasial, seperti bidang, pola, pengukuran, dan pemetaan (Roskawati, 2015). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa geometri adalah ilmu yang mempelajari komposisi, bentuk, ruang, sifat-sifatnya, serta hubungan dan ukuran antara satu elemen dengan elemen lainnya.

2.4.1 Fraktal

Fraktal, yang juga dikenal sebagai objek pecah atau tidak beraturan, diperkenalkan pertama kali oleh Benoit B Mandelbrot pada tahun 1973. Fraktal adalah alat yang sangat efektif dalam merepresentasikan fenomena alam dan objek alam (Pandey, 2014). Objek fraktal memiliki sifat yang menarik, yaitu mirip dengan dirinya sendiri pada skala yang berbeda. Dengan kata lain, bagian-bagian kecil dari objek tersebut terlihat serupa dengan objek secara keseluruhan. Gambar 2.5 yang diberikan menggambarkan penerapan aturan yang sama, yaitu

proses rekursif yang berulang, yang berlangsung tanpa batas waktu dengan berbagai ukuran atau skala (Putra, 2010).



Gambar 2.5 *Self Similarity Fractal* (Putra, 2010)

Aspek penting dari fraktal adalah *self-similarity*, yang berarti bahwa tidak peduli seberapa besar skala atau ukuran yang digunakan untuk menghasilkan objek fraktal, objek yang dihasilkan akan tetap memiliki karakteristik keseluruhan dari objek fraktal tersebut (Putra, 2010). Proses iterasi akan menghasilkan objek yang semakin kecil dari sebelumnya, dan akhirnya mencapai titik tetap atau atraktor. Titik tarik ini menyebabkan hasil akhir dari berbagai jenis gambar masukan akan sama, hanya posisi dan orientasinya yang akan mempengaruhi hasil akhirnya. Transformasi kontraktif diperlukan pada setiap iterasi untuk menghasilkan objek yang menyerupai citra masukan. Dalam analisis fraktal, dimensi fraktal menjadi inti analisisnya. Ada berbagai metode untuk menentukan dimensi fraktal, seperti analisis R/S, transformasi Fourier, variogram, *box counting*, dan lain sebagainya.

2.4.2 Dimensi Fraktal

Menurut definisi dalam kamus matematika, dimensi merujuk pada properti seperti panjang, luas, dan volume. Dimensi adalah angka yang menggambarkan kebebasan bergerak dalam suatu ruang. Secara umum, dimensi sebuah objek adalah bilangan yang mendefinisikan, menggambarkan, dan membandingkan bentuk serta ukuran objek tersebut, yang disebut sebagai dimensi fraktal. Dalam dimensi fraktal, kita mengukur tingkat kompleksitas atau ketidakteraturan sebuah fraktal dengan melihat seberapa cepat besaran tersebut bertambah atau berkurang saat objek diperbesar atau diperkecil. Dimensi fraktal adalah angka kuantitatif yang menggambarkan objek yang mengisi ruang tertentu. Misalnya, jika sebuah garis dibagi menjadi N bagian yang sama, setiap bagian memiliki rasio keseluruhan yang sama (Rizki, 2016).

Dimensi fraktal merupakan dimensi yang tidak umum atau lebih kompleks daripada dimensi yang dikenal dalam geometri Euclidean. Dalam geometri Euclidean, kita mengenal dimensi dari bentuk-bentuk tertentu yang berupa bilangan bulat, seperti dimensi nol untuk titik, dimensi satu untuk garis, dimensi dua untuk bidang, dan dimensi tiga untuk ruang. Namun, fraktal memiliki dimensi yang tidak berupa bilangan bulat, melainkan pecahan, seperti 1,8 atau 2,7 dimensi. Untuk citra digital, dimensi fraktal dapat ditentukan menggunakan perangkat lunak MATLAB dengan mengidentifikasi struktur fraktal yang memiliki pola yang jelas. Metode *box counting* digunakan sebagai salah satu referensi alternatif dalam mencari dimensi fraktal pada citra digital (Subiantoro, 2005).

2.4.3 Box Counting

Dimensi fraktal dapat dihitung menggunakan metode *box counting* (Klinkenberg, 1994). Metode ini sering digunakan untuk menentukan dimensi fraktal dalam berbagai fenomena. Sebelum diterapkan dalam penelitian fraktal, metode *box counting* telah digunakan untuk dengan cepat menghitung luas area yang tidak beraturan pada fitur-fitur kartografi. Metode ini juga dikenal sebagai metode perhitungan kotak atau *grid*. Metode tersebut membagi objek menjadi kotak-kotak (bujur sangkar) dengan berbagai ukuran (r) dan menghitung jumlah kotak yang menutupi objek tersebut. Misalnya, jika sebuah garis dibagi menjadi bagian-bagian yang sama, setiap bagian akan memiliki rasio $r = \frac{1}{N}$ (Mulyadi, 2013).

Metode *box counting* adalah metode yang umum digunakan untuk menghitung dimensi fraktal dalam gambar. Untuk menghitung dimensi himpunan S dalam ruang R^n atau dalam ruang metrik (X, D) , fraktal ditempatkan pada bidang persegi panjang. Kemudian dihitung berapa banyak kotak yang diperlukan untuk menutupi seluruh bagian fraktal. Selanjutnya, hasil perhitungan jumlah kotak diamati saat ukuran kotak diperkecil hingga panjang sisi ϵ mendekati 0 (Sampurno, 2011). Langkah-langkah dalam penerapan metode *box counting* adalah sebagai berikut:

1. Ambil objek fraktal yang akan dihitung dimensinya.
2. Bagi objek tersebut menjadi kotak-kotak dengan variasi ukuran (r) yang berbeda.
3. Hitung jumlah kotak yang berisi bagian objek dalam himpunan N .
4. Hitung dimensi D menggunakan persamaan tertentu (Mulyadi, 2013).

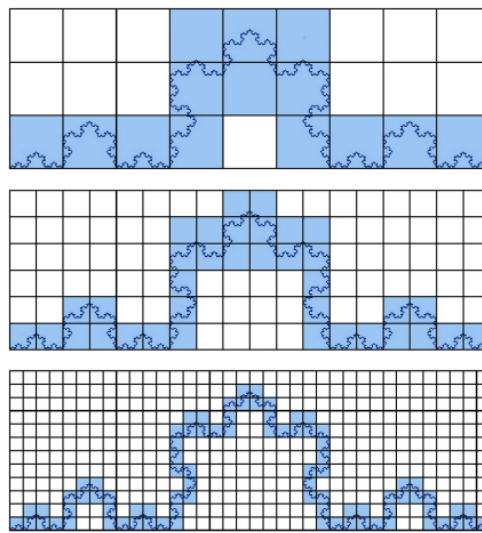
$$D = \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}} \quad (2.3)$$

Dimana:

D : Dimensi

N : Banyak kotak

$\frac{1}{r}$: Variansi ukuran



Gambar 2.6 Contoh Pembagian Kotak pada Metode *Box Counting* (Mulyadi, 2013)

Pada metode *box counting*, perhitungan dimensi fraktal dapat dicari melalui deteksi tepi. Deteksi tepi yang digunakan adalah deteksi tepi metode canny karena dikatakan bahwa deteksi tepi yang paling baik adalah metode canny (Wijaya, 2007).

2.4.4 Deteksi Tepi Canny

Teknik deteksi tepi merupakan salah satu teknik yang umum digunakan dalam bidang pemrosesan citra dan visi komputer, terutama dalam deteksi dan ekstraksi fitur. Dalam konteks gambar digital, tepi dapat diartikan sebagai kurva yang mengalami perubahan cepat dalam intensitasnya. Tepi sering

dikaitkan dengan batas antara objek di dalam gambar. Deteksi tepi digunakan untuk mengidentifikasi dan menemukan tepi-tepi tersebut dalam gambar digital. Salah satu metode deteksi tepi yang paling efektif dan populer adalah metode Canny. Metode Canny memiliki perbedaan dengan metode deteksi tepi lainnya karena menggunakan dua ambang batas yang berbeda, yaitu untuk mendeteksi tepi yang jelas dan tepi yang kurang jelas (Wijaya, 2007).



Gambar 2.7 Hasil Deteksi Tepi Metode Canny(Wijaya, 2007)

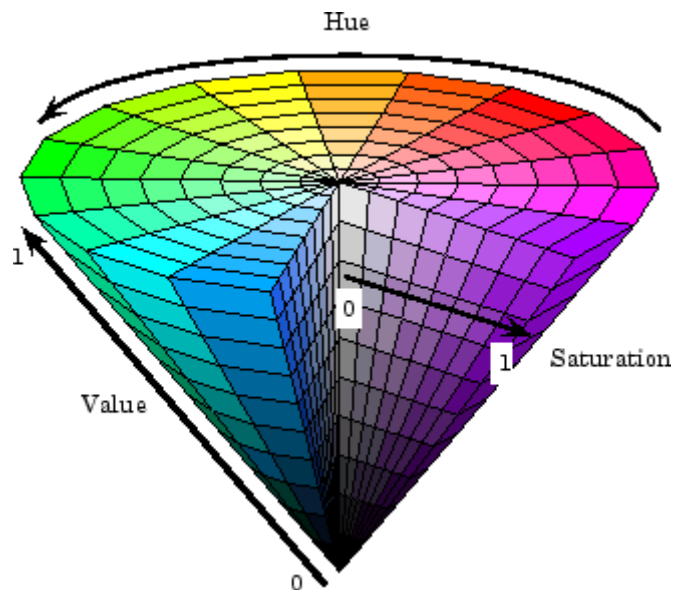
2.5 Ruang Warna

Warna dalam citra dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu citra biner, citra *grayscale*, dan citra berwarna, tergantung pada representasi warnanya. Citra biner hanya memiliki dua warna, hitam dan putih. Citra *grayscale* memiliki rentang warna dari hitam hingga putih. Sementara itu, citra berwarna memiliki rentang warna yang menyerupai dunia nyata dan merupakan jenis citra dengan jumlah warna yang paling banyak. Oleh karena itu, citra berwarna mengandung informasi yang lebih kaya dibandingkan citra *grayscale* dan biner. Warna sebuah objek dalam gambar ditentukan oleh warna cahaya yang dipantulkan oleh objek tersebut. Namun, untuk merepresentasikan semua kemungkinan warna di dunia pada komputer, warna objek dalam gambar didekati dengan representasi tertentu (Kadir, 2013).

Salah satu representasi warna yang paling populer adalah menggunakan model warna merah, hijau, dan biru (RGB). Model ini dipilih karena penelitian menunjukkan bahwa warna-warna tersebut memberikan rentang terluas dan dikenal sebagai warna primer. Selain warna primer tersebut, kombinasi dari dua warna primer membentuk warna sekunder, seperti Cyan, Yellow, dan Magenta (CMY). Ada banyak representasi warna yang digunakan dalam komputer, seperti RGB, CMY, CMYK, YCbCr, HSV, XYZ, dan lainnya. Dari berbagai representasi warna tersebut, representasi warna yang paling cocok dengan persepsi warna manusia adalah representasi HSV. HSV merupakan singkatan dari *hue*, *saturation*, dan *value*, yang merupakan tiga nilai yang menggambarkan warna objek dalam gambar. Seperti pada model warna RGB, ketiga nilai ini mewakili bagian-bagian dari warna objek (Kadir, 2013).

Hue (warna) adalah nilai yang merepresentasikan warna sebenarnya, seperti merah, ungu, dan kuning. Hue digunakan untuk membedakan warna cahaya dan terkait dengan panjang gelombang. Rentang nilai hue diperkirakan dari 0 hingga 2π , dimana 0 mewakili merah dan seterusnya hingga kembali ke merah. Saturasi mengindikasikan tingkat kemurnian warna dan menunjukkan seberapa banyak putih yang dicampurkan ke dalam warna tersebut. Sebagai contoh, merah memiliki saturasi penuh (100%), sedangkan pink adalah merah dengan saturasi rendah. Dengan kata lain, saturasi menggambarkan kekayaan warna. Nilai saturasi yang mendekati 0 menghasilkan warna putih, sementara nilai saturasi 1 menghasilkan warna asli hue tanpa campuran warna putih. *Value* mewakili tingkat kecerahan warna, dengan nilai intensitas berkisar antara 0 hingga 255. Nilai *value* 0 menunjukkan warna sangat gelap (hitam), sedangkan nilai *value* 255

menunjukkan warna sangat terang (putih). Inilah gambaran umum mengenai representasi warna dalam model HSV (Kadir, 2013).



Gambar 2.8 Ruang Warna pada HSV (Kadir, 2013)

Ada beberapa cara untuk mendapatkan H, S, V berdasarkan R, G, dan B. Cara yang paling sederhana menurut Acharya dan Ray adalah sebagai berikut (Kadir dan 2013).

$$H = \tan\left(\frac{3(G-B)}{((R-G)+(R-B))}\right) \quad (2.4)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \quad (2.5)$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (2.6)$$

2.6 Naive Bayes

Teori keputusan Bayesian adalah pendekatan dasar dalam statistik untuk pengenalan pola. Pendekatan ini melibatkan penggunaan probabilitas dan biaya dalam mengkuantifikasi berbagai keputusan klasifikasi.

Teorema Bayes memberikan cara untuk menghitung probabilitas *posterior* $P(c|x)$ berdasarkan probabilitas sebelumnya dari kelas ($P(c)$), probabilitas sebelumnya dari prediktor ($P(x)$), dan probabilitas sebelumnya dari parameter

kelas ($P(x|c)$). Dalam pengklasifikasi Naïve Bayes, diasumsikan bahwa pengaruh nilai prediktor (x) terhadap kelas tertentu (c) tidak tergantung pada nilai prediktor lainnya. Asumsi ini dikenal sebagai asumsi kemandirian bersyarat (Laili, 2013).

$$P(c|x) = \frac{P(x|c) * P(c)}{P(x)} \quad (2.7)$$

Dimana,

$P(c|x)$ = Probabilitas *posterior* dari kelas target yang diberikan *predictor*

$P(c)$ = Probabilitas *prior* dari kelas

$P(x|c)$ = Probabilitas *prior* dari parameter (nilai estimasi tiap kelas)

$P(x)$ = Probabilitas *prior* dari *predictor*

Untuk menghitung estimasi parameter dapat digunakan beberapa distribusi, antara lain distribusi normal, kernel, dan multinomial. Pada penelitian ini menggunakan distribusi normal (Gaussian) dengan rumus (Laili, 2013).

$$P(c) = \frac{N_i}{N} \quad (2.8)$$

Dimana,

$P(c)$ = Probabilitas *prior* dari kelas

N_i = Jumlah data dalam kelas i (1,2,3, dst)

N = Jumlah data keseluruhan

$$P(x/c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2(\sigma)^2}} \quad (2.9)$$

Dimana,

$P(x/c)$ = Probabilitas *prior* dari parameter (nilai estimasi tiap kelas)

σ = Standar deviasi (dari masing-masing kelas dan masing-masing ciri)

μ = *Mean* (nilai rata-rata dari masing-masing kelas dan setiap ciri)

x = Nilai parameter yang akan diuji

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

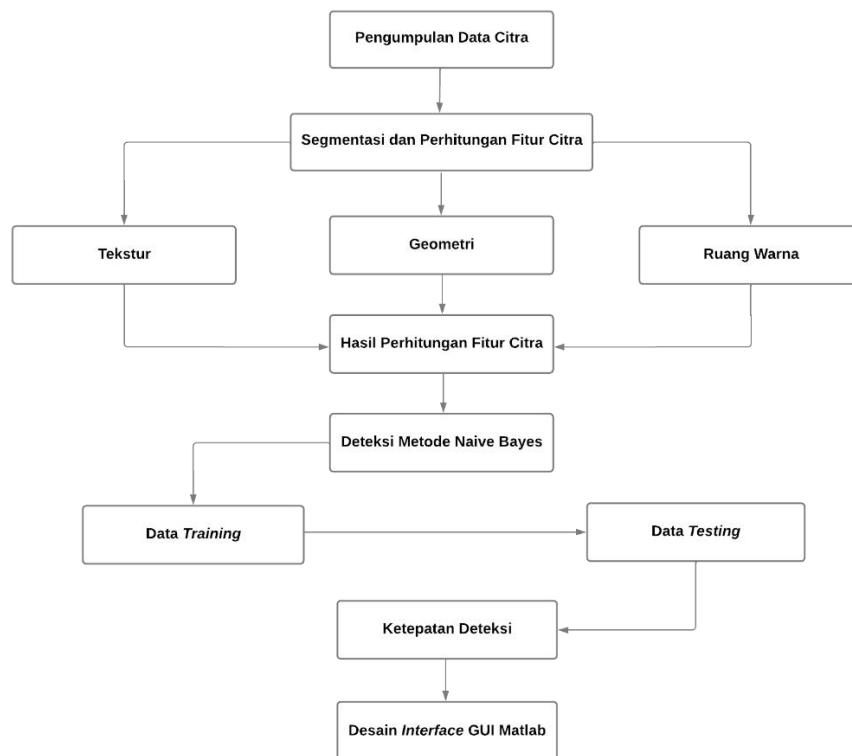
3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 sampel citra sekunder dari citra x-ray tulang tangan normal (3 citra), osteopenia (4 citra), dan osteoporosis (13 citra). Penelitian ini menggunakan aplikasi Matlab R2018a.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan. Adapun tahapan pada penelitian ini yaitu :

3.4.1 Pengumpulan Data Citra

Data yang digunakan berupa 20 sampel citra sekunder dari citra x-ray tulang tangan normal (3 citra), osteopenia (4 citra), dan osteoporosis (13 citra) dengan intensitas *grayscale* dan berskala 1333 x 1673 piksel.

3.4.2 Segmentasi dan Perhitungan Fitur Citra

Melakukan segmentasi dan perhitungan citra berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna menggunakan aplikasi Matlab R2018a.

3.4.2.1 Tekstur

Mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner. Kemudian melakukan operasi morfologi *filling holes* untuk menyempurnakan citra biner. Lalu mengubah nilai piksel *background* citra biner menjadi satu sehingga *background* berwarna putih. Setelah itu melakukan perhitungan *mean* dan standar deviasi dari citra biner tersebut.

3.4.2.2 Geometri

Mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner menggunakan deteksi tepi canny. Kemudian menghitung banyak selimut *matrix* biner hasil deteksi tepi canny dengan membagi matriks menjadi submatriks persegi berukuran $\delta \times \delta$, dengan $\delta = 2^m$ dengan ketentuan $\delta = 1024$. Setelah itu membagi matriks dengan membentuk A_i berukuran $\delta \times \delta$, dengan $i = 1, 2, 3, 4, \dots, \frac{2^{2m}}{\delta^2}$. Jika jumlah elemen-elemennya $A_i \geq 1$ maka hasilnya $N_\delta(A_i) = 1$ dan jika tidak maka $N_\delta(A_i) = 0$. Hasil dari perhitungan banyak selimut citra yaitu sejumlah

sampel untuk beberapa nilai δ . Selanjutnya untuk menentukan dimensinya digunakan persamaan garis regresi. Harga mutlak dari persamaan garis regresi $\log N_\delta$ dan $\log \delta$ yang akan menjadi nilai dimensi fraktal.

3.4.2.3 Ruang Warna

Melakukan konversi citra *grayscale* menjadi citra biner dan RGB. Kemudian melakukan operasi morfologi *filling holes* untuk menyempurnakan citra biner. Sedangkan untuk Citra RGB diubah menjadi citra HSV. Selanjutnya mengesttrak komponen H,S, dan V dan mengubah nilai piksel *background* citra biner menjadi nol. Langkah terakhir yaitu melakukan perhitungan nilai dari *hue*, *saturation*, dan *value*.

3.4.3 Hasil Perhitungan Fitur Citra

Hasil dari perhitungan fitur tekstur (*mean* dan standar deviasi), geometri (dimensi fraktal), dan ruang warna (*hue*, *saturation*, dan *value*) citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis akan dibagi menjadi data *training* dan data *testing* pada metode naive bayes. Perhitungan pada data *training* akan dianalisa secara fisika dan perhitungan pada data *testing* dibandingkan dengan hasil deteksi aplikasi.

3.4.4 Deteksi Metode Naive Bayes

Melakukan deteksi osteoporosis menggunakan metode naive bayes pada aplikasi Matlab R2018a. Deteksi ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap *training* dan *testing*

3.4.4.1 Data Training

Hasil perhitungan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis sebanyak 14 sampel citra terdiri dari 2 citra normal, 3 citra osteopenia, dan 9 citra osteoporosis dianalisa secara fisika dan digunakan sebagai data training. Kemudian diolah menggunakan metode naive bayes dengan pembagian kelas normal, osteopenia, dan osteoporosis. Hasil pengolahan data *training* akan menjadi *machine learning* untuk diuji coba pada data *testing*.

Tabel 3.1 Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data Training

No.	Sampel Citra	Mean	Standar Deviasi	Dimensi Fraktal	Hue	Saturation	Value
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							

Tabel 3.2 Rata-Rata Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data Training

Rata-Rata	M	Std	Dim	H	S	V
Normal						
Osteopenia						
Osteoporosis						

Berdasarkan rata-rata perhitungan fitur tesktur, geometri, dan ruang warna data *training* pada tabel 3.2 dianalisa fisika seperti tabel 3.3.

Tabel 3.3 Analisa Fisika Citra Tulang Tangan Normal, Osteopenia, dan Osteoporosis

Status Tulang	Derajat Keabuan	Sebaran Derajat Keabuan	Kompleksitas dan Kekasaran	Kejenuhan	Kemurnian	Kecerahan
Normal						
Osteopenia						
Osteoporosis						

3.4.4.2 Data Testing

Hasil perhitungan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna citra x-ray tulang tangan normal, osteopenia, dan osteoporosis sebanyak 6 sampel citra yang terdiri dari 1 citra normal, 1 citra osteopenia, dan 4 citra osteoporosis akan diuji coba menggunakan *machine learning* hasil metode naive bayes pada data *training*, sehingga menghasilkan perbandingan status tulang sebenarnya dan deteksi aplikasi.

Tabel 3.4 Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data Testing

No.	Sampel Citra	Mean	Standar Deviasi	Dimensi Fraktal	Hue	Saturation	Value
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

Tabel 3.5 Deteksi Aplikasi

No.	Sampel Citra	Status Tulang	Deteksi Aplikasi
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

3.4.5 Ketepatan Deteksi

Hasil deteksi akan dihitung persentase keakuratannya dari hasil uji coba aplikasi deteksi osteoporosis menggunakan rumus (Riara, 2011):

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.1)$$

$$PR = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3.2)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TPR \times PR}{\beta \times TPR + (1-\beta) \times PR} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana,

Pertama, perhitungan deteksi kelas osteopenia/osteoporosis dengan kelas normal:

TP (*True Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteopenia/osteoporosis dengan hasil deteksi aplikasi osteopenia/osteoporosis.

FP (*False Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang normal tetapi menunjukkan hasil deteksi aplikasi osteopenia/osteoporosis.

FN (*False Negative*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteopenia/osteoporosis tetapi hasil deteksi aplikasi normal.

TPR adalah singkatan dari *True Positif Rate* atau Laju Positif Sebenarnya.

PR adalah singkatan dari *Precision Rate* atau Laju Ketepatan.

β adalah koefisien bobot relatif pada *True Positif Rate* dan Laju Ketepatan dengan rentang ($0 < \beta < 1$), dan pada tugas akhir ini ditentukan 0,5.

Kedua, perhitungan deteksi kelas osteoporosis dengan kelas osteopenia:

TP (*True Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteoporosis dengan hasil deteksi aplikasi osteoporosis.

FP (*False Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteopenia tetapi

menunjukkan hasil deteksi aplikasi osteoporosis.

FN (*False Negative*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteoporosis tetapi hasil deteksi aplikasi osteopenia.

TPR adalah singkatan dari *True Positif Rate* atau Laju Positif Sebenarnya.

PR adalah singkatan dari *Precision Rate* atau Laju Ketepatan.

β adalah koefisien bobot relatif pada *True Positif Rate* dan Laju Ketepatan dengan rentang ($0 < \beta < 1$), dan pada tugas akhir ini ditentukan 0,5.

Ketiga, perhitungan deteksi kelas osteopenia dengan kelas osteoporosis:

TP (*True Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteopenia dengan hasil deteksi aplikasi osteopenia.

FP (*False Positive*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteoporosis tetapi menunjukkan hasil deteksi aplikasi osteopenia.

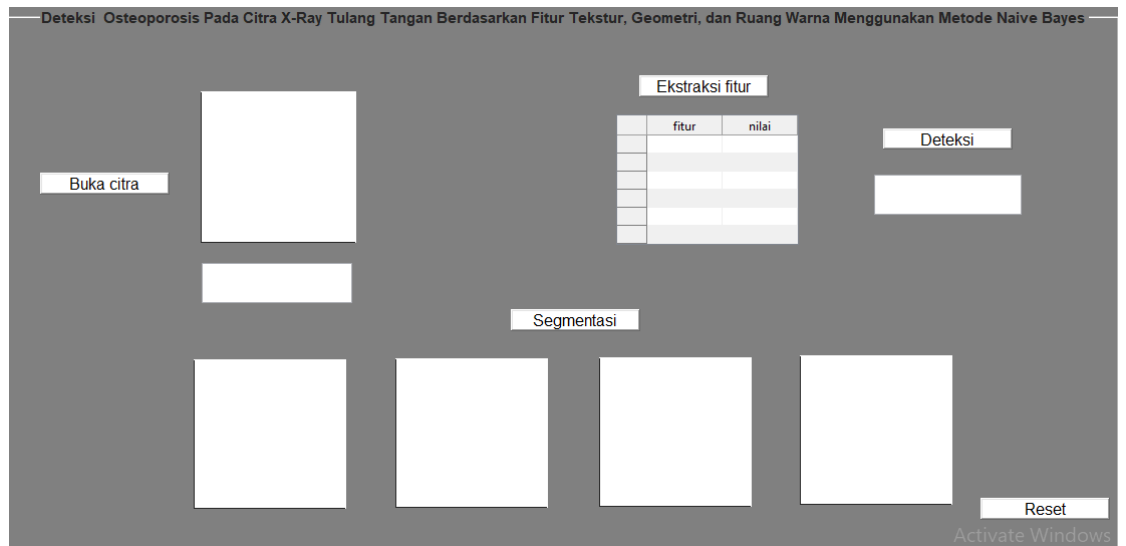
FN (*False Negative*) menunjuk pada banyaknya citra tulang osteopenia tetapi hasil deteksi aplikasi osteoporosis.

TPR adalah singkatan dari *True Positif Rate* atau Laju Positif Sebenarnya.

PR adalah singkatan dari *Precision Rate* atau Laju Ketepatan.

β adalah koefisien bobot relatif pada *True Positif Rate* dan Laju Ketepatan dengan rentang ($0 < \beta < 1$), dan pada tugas akhir ini ditentukan 0,5.

3.4.6 Desain *Interface* GUI Matlab



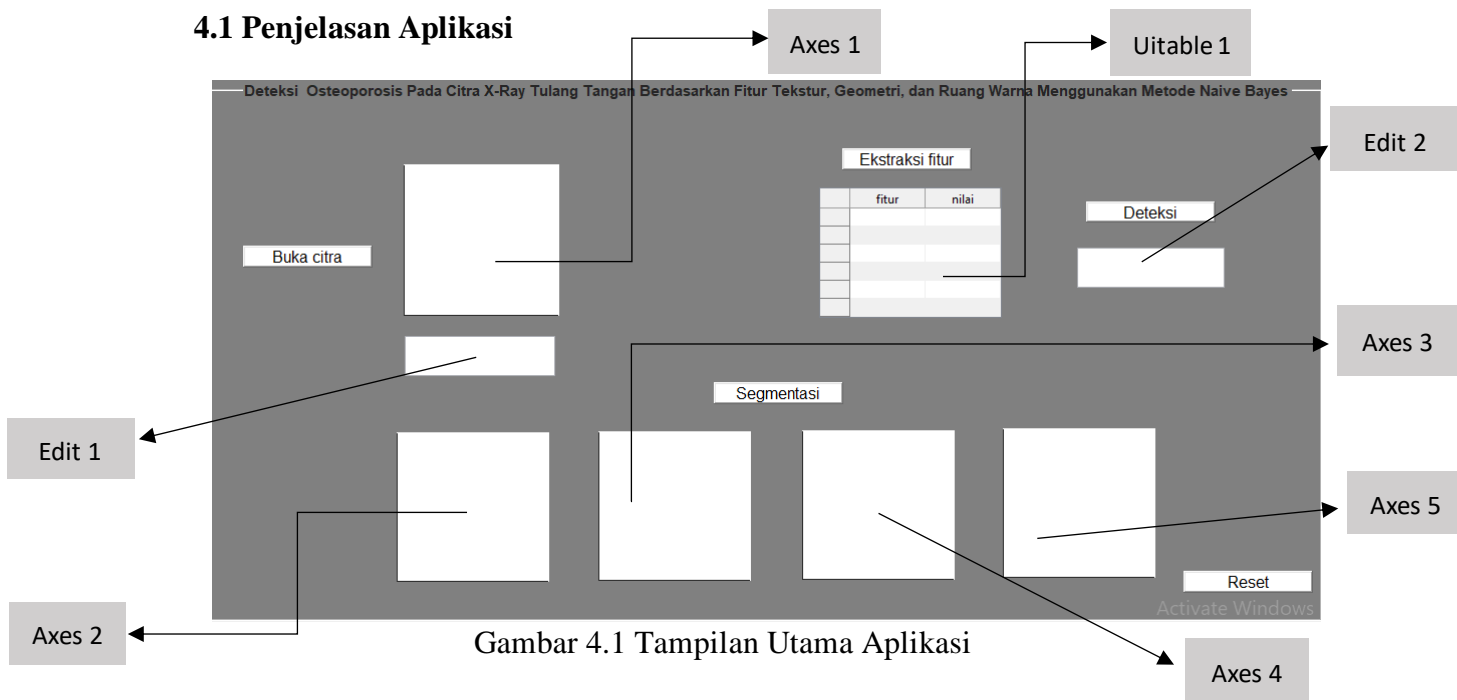
Gambar 3.2 Desain *Interface* GUI Matlab Deteksi Osteoporosis

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mengenai penjelasan aplikasi, hasil implementasi dan ketepatan deteksi beserta pembahasan terhadap penelitian yang telah dilakukan. Fitur yang digunakan untuk mendeteksi osteoporosis yaitu fitur tekstur berupa nilai *mean* dan standar deviasi, fitur geometri berupa nilai dimensi fraktal dan fitur ruang warna berupa nilai *hue*, *saturation*, dan *value*. Dari hasil perhitungan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna data *training* akan dianalisa secara fisika perbedaan citra x-ray tulang tangan. Penelitian ini mendeteksi suatu citra tulang tangan menjadi 3 kelas yaitu normal, osteopenia, dan osteoporosis. Ketepatan deteksi berdasarkan hasil data *testing* dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan aplikasi berupa nilai akurasi.

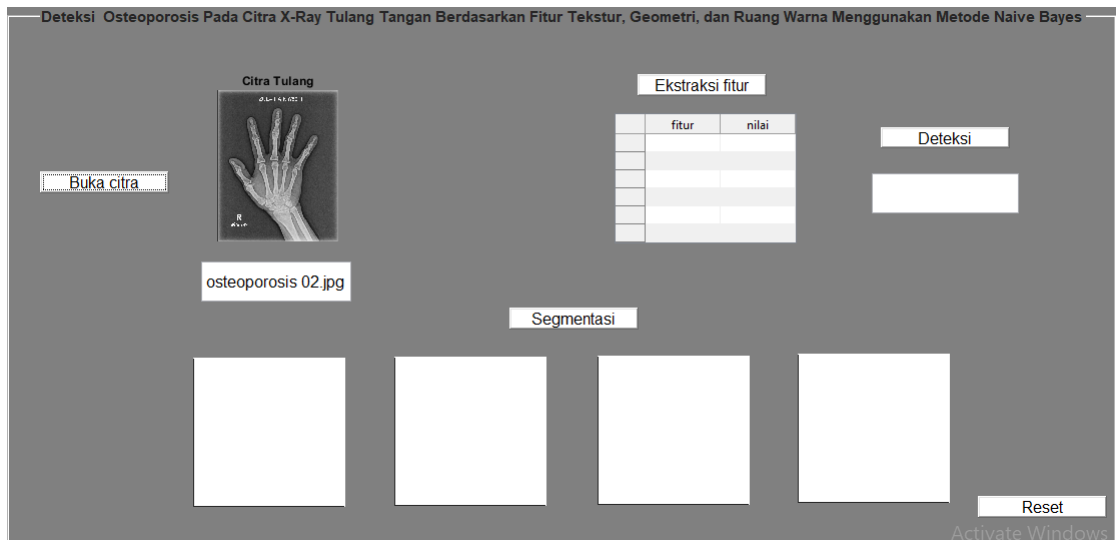
4.1 Penjelasan Aplikasi



Gambar 4.1 Tampilan Utama Aplikasi

Dengan langkah dan keterangan tombol sebagai berikut:

1. Buka citra digunakan untuk menginput masukan citra berupa file berintensitas *grayscale* yang ditampilkan pada axes 1 dan menampilkan nama citra pada edit 1.



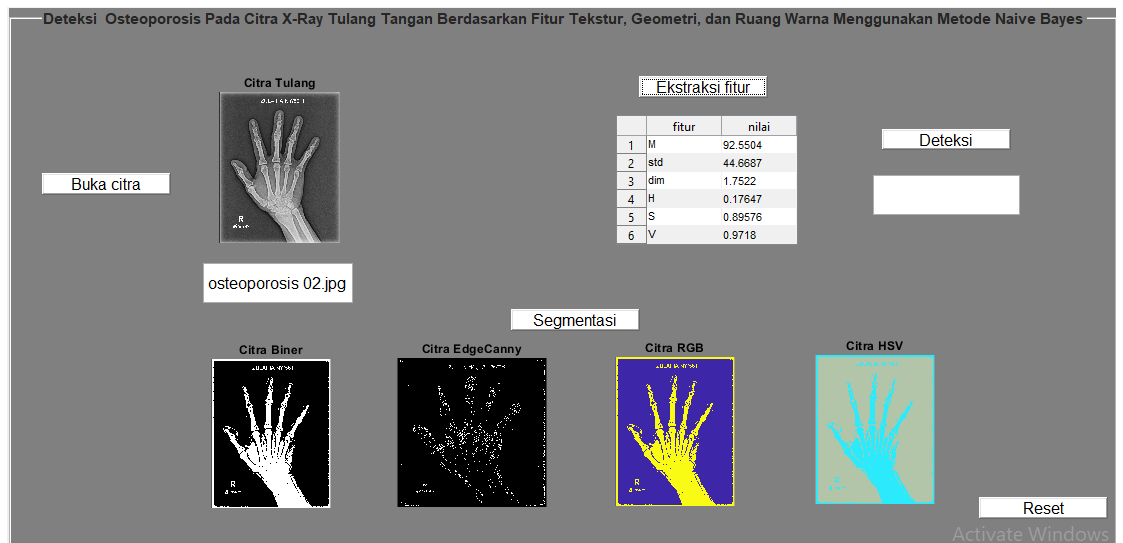
Gambar 4.2 Tampilan Hasil Buka Citra

2. Segmentasi digunakan untuk mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner pada axes 2, tepi Canny pada axes 3, RGB pada axes 4, dan HSV pada axes 5.



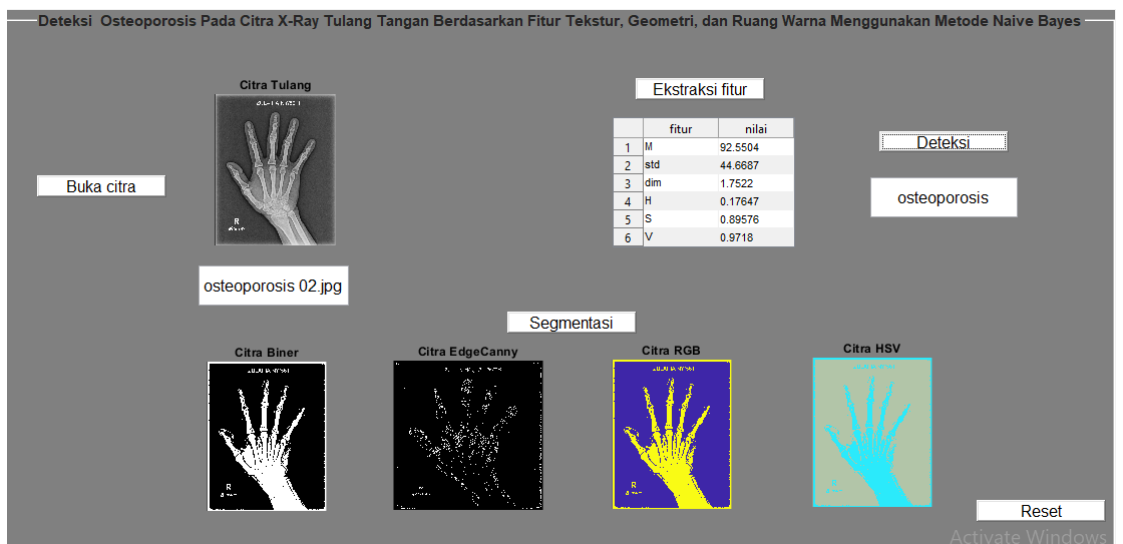
Gambar 4.3 Tampilan Hasil Segmentasi Citra

3. Ekstraksi Fitur digunakan untuk menampilkan fitur *mean*, standar deviasi, dimensi fraktal, *hue*, *saturation*, dan *value* pada uitable 1.



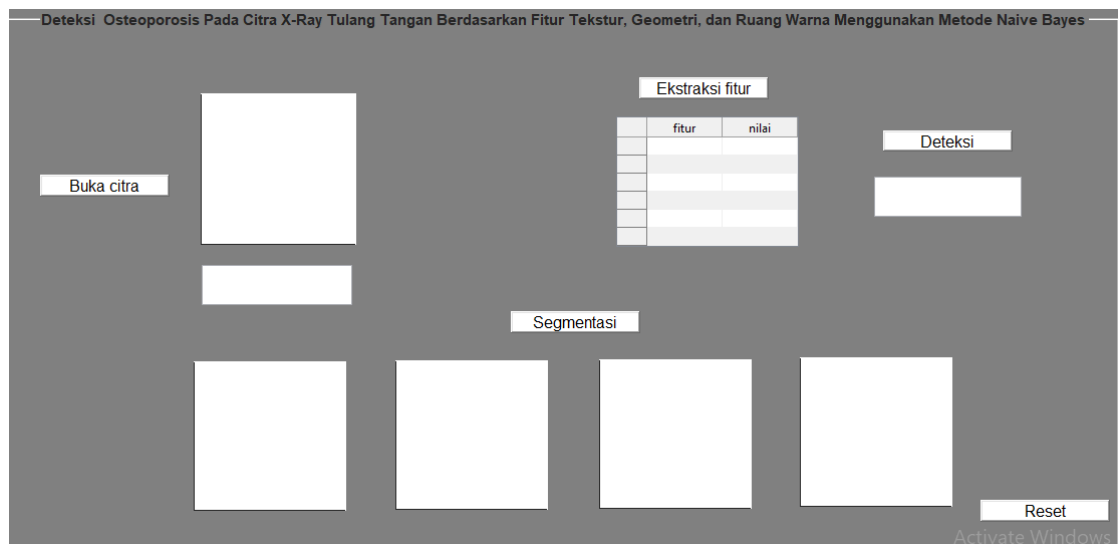
Gambar 4.4 Tampilan Hasil Ekstraksi Citra

4. Deteksi digunakan untuk menampilkan hasil deteksi aplikasi pada edit 2.



Gambar 4.5 Tampilan Hasil Deteksi Citra

5. Reset digunakan untuk mengatur ulang aplikasi seperti tampilan utama.



Gambar 4.6 Tampilan Hasil Reset Aplikasi

4.2 Hasil Implementasi

Proses implementasi terdiri dari tahap segmentasi dan perhitungan fitur citra kemudian hasil perhitungan fitur citra pada data *training* akan dianalisa secara fisika dan pada data *testing* akan dibandingkan dengan hasil deteksi aplikasi. Untuk tahap implemementasi menggunakan 20 sampel citra tulang tangan hasil x-ray dengan status normal (3 citra), osteopenia (4 citra), dan osteoporosis (13 citra).

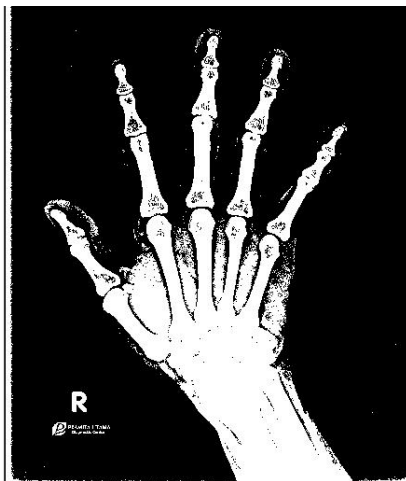
4.2.1 Segmentasi dan Perhitungan Fitur Citra

Dari 20 sampel citra tulang tangan hasil x-ray didapatkan contoh citra *grayscale* tulang tangan pada file citra osteoporosis seperti gambar 4.7.



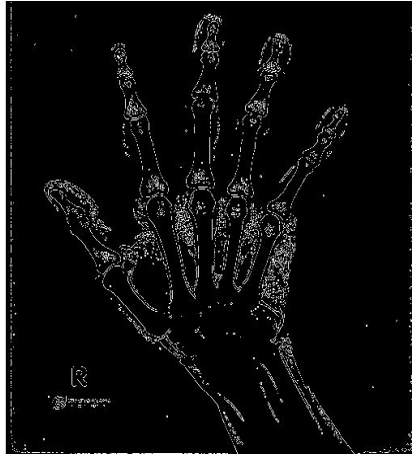
Gambar 4.7 Citra *Grayscale* Tulang Tangan

Kemudian dilakukan proses segmentasi citra dari *grayscale* menjadi biner untuk mengetahui nilai fitur tekstur citra berupa *mean* dan standar deviasi seperti gambar 4.8.



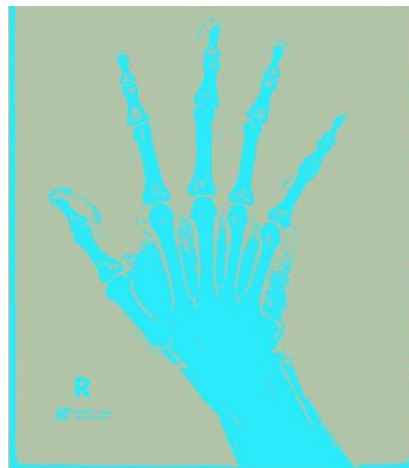
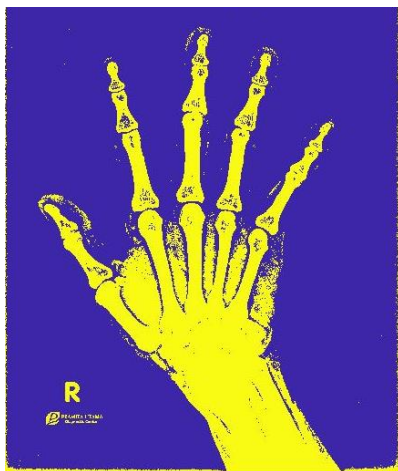
Gambar 4.8 Citra Biner Tulang Tangan

Selanjutnya dilakukan proses segmentasi citra dari *grayscale* menjadi tepi Canny untuk mengetahui nilai fitur geometri yaitu dimensi fraktal seperti gambar 4.9.



Gambar 4.9 Citra Tepi Canny Tulang Tangan

Langkah berikutnya yaitu proses segmentasi citra dari *grayscale* menjadi citra RGB dan HSV untuk mengetahui nilai *hue*, *saturation*, dan *value* seperti pada gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Citra RGB Tulang Tangan Gambar 4.11 Citra HSV Tulang Tangan
Kemudian hasil segmentasi digunakan untuk melakukan perhitungan fitur tekstur geometri dan ruang warna. Hasil perhitungan fitur citra dibagi menjadi data *training* dan data *testing*.

4.2.2 Hasil Perhitungan Fitur Citra

Hasil dari perhitungan fitur tekstur (*mean* dan standar deviasi), geometri (dimensi fraktal), dan ruang warna (*hue*, *saturation*, dan *value*) citra x-ray tulang tangan normal dan osteoporosis akan dibagi menjadi data *training* dan

data *testing* menggunakan metode naive bayes. Perhitungan pada data *training* akan dianalisa secara fisika dan perhitungan pada data *testing* akan dibandingkan dengan hasil deteksi aplikasi.

4.2.2.1 Data Training

Berikut adalah data *training*. Data ini menggunakan 14 sampel citra yang dianalisa berdasarkan beberapa fitur dari hasil perhitungan citra. Hasil perhitungan fitur akan dianalisa secara fisika. Data *training* yang digunakan memiliki status tulang seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Status Tulang Data *Training*

Status	Jumlah (orang)
Normal	2
Osteopenia	3
Osteoporosis	9
Total	14

Berikut merupakan hasil perhitungan fitur 14 data *training* dengan keterangan:

M = *Mean*

Std = Standar Deviasi

Dim = Dimensi Fraktal

H = *Hue*

S = *Saturation*

V = *Value*

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data *Training*

Sampel Citra	M	Std	Dim	H	S	V
Data <i>Training</i> 1	165,85528 9091923	30,854626 2673481	1,5205792 5017418	0,1679543 23180964	0,9181399 42059225	0,9838824 08312685
Data <i>Training</i> 2	165,52108 9371902	29,168788 3401375	1,4558207 8854969	0,1679527 74137487	0,9181417 15983587	0,9838836 02201769
Data <i>Training</i> 3	101,83123 5431919	48,166497 5791657	1,6919081 1781488	0,1820496 82331811	0,8937843 62614340	0,9688660 51886975
Data <i>Training</i> 4	98,583162 2464004	42,669392 9010913	1,5570693 8123528	0,1744114 49112382	0,9078311 33750461	0,9769854 58428778
Data <i>Training</i> 5	101,83123 5431919	48,166497 5791657	1,6919081 1781488	0,1820496 82331811	0,8937843 62614340	0,9688660 51886975

Data Training 6	151,06812 7302091	34,166158 4829793	1,5034983 1749900	0,1681704 17239658	0,9175721 94031430	0,9834083 38951232
Data Training 7	92,550378 4543625	44,668730 7301343	1,7521772 1295317	0,1764745 12052036	0,8957577 92183441	0,9717994 33674696
Data Training 8	114,94546 9300484	41,810932 6893022	1,4391487 3377956	0,1738115 58563261	0,9100211 20699909	0,9776336 71568881
Data Training 9	90,765643 9180422	51,223833 8035611	1,7690832 3514002	0,1797184 66320007	0,8622497 83324805	0,9564717 43137853
Data Training 10	95,973820 3086034	44,312235 3869434	1,7145100 6291244	0,1766830 34915012	0,9006127 39020440	0,9738062 68145404
Data Training 11	169,44411 3919002	29,094173 6968568	1,5489394 1181862	0,1679561 84819747	0,9181697 39347746	0,9838957 21178449
Data Training 12	158,07581 1768117	29,985393 9786525	1,5325805 3759406	0,1679560 64580333	0,9181703 86615231	0,9838963 10166051
Data Training 13	87,541967 5769751	46,502010 1519108	1,8166777 7187316	0,1780492 06149519	0,8735004 29379527	0,9646035 76544631
Data Training 14	114,94546 9300484	41,810932 6893022	1,4391487 3377956	0,1738115 58563261	0,9100211 20699909	0,9776336 71568881

Tabel 4.3 Hasil Rata-Rata Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data Training

Rata-Rata	M	Std	Dim	H	S	V
Normal	165,6882	30,01171	1,4882	0,167954	0,918141	0,983883
Osteopenia	100,7485	46,33413	1,646962	0,179504	0,898467	0,971573
Osteoporosis	119,479	40,39716	1,612863	0,173626	0,900675	0,974794

4.2.2.2 Hasil Analisa Fisika Citra Tulang Tangan

Berdasarkan rata-rata perhitungan fitur tesktur, geometri, dan ruang warna data *training* pada tabel 4.3 dilakukan analisa fisika sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Analisa Fisika Citra Tulang Tangan Normal, Osteopenia, dan Osteoporosis

Status Tulang	Derajat Keabuan	Sebaran Derajat Keabuan	Kompleksitas dan Kekasaran	Kejenuhan	Kemurnian	Kecerahan
Normal	Mendekati Abu-Abu	Berdekatan	Homogen dan Halus	Jernih	Murni	Cerah
Osteopenia	Mendekati Putih	Berjauhan	Heterogen dan Kasar	Jenuh	Buram	Gelap
Osteoporosis	Mendekati Putih	Berjauhan	Heterogen dan Kasar	Jenuh	Buram	Gelap

4.2.2.3 Data Testing

Pada tahap ini menggunakan 6 sampel citra yang terdiri dari 1 citra normal, 1 citra osteopenia, dan 4 citra osteoporosis. Berikut merupakan hasil perhitungan fitur data *testing*:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Fitur Tekstur, Geometri, dan Ruang Warna Data *Testing*

Sampel Citra	M	Std	Dim	H	S	V
Data <i>Testing</i> 1	165,52108 9371902	29,168788 3401375	1,4558207 8854969	0,1679527 74137487	0,9181417 15983587	0,9838836 02201769
Data <i>Testing</i> 2	101,83123 5431919	48,166497 5791657	1,6919081 1781488	0,1820496 82331811	0,8937843 62614340	0,9688660 51886975
Data <i>Testing</i> 3	92,550378 4543625	44,668730 7301343	1,7521772 1295317	0,1764745 12052036	0,8957577 92183441	0,9717994 33674696
Data <i>Testing</i> 4	167,65566 8113982	28,419666 3647540	1,5539120 9108584	0,1679578 86437868	0,9181818 27775512	0,9838997 64347249
Data <i>Testing</i> 5	157,40371 8975623	29,388146 8621887	1,4893919 6364529	0,1679552 08409836	0,9181665 69233870	0,9838934 63016728
Data <i>Testing</i> 6	156,93639 5992338	32,309396 1800498	1,4194947 9491993	0,1679565 01808979	0,9180150 92294793	0,9838301 29252528

4.2.2.4 Hasil Deteksi Aplikasi

Deteksi aplikasi dilakukan berdasarkan *machine learning* hasil *training* terhadap 14 sampel data citra. Hasil perhitungan fitur 6 sampel citra data *testing* pada tabel 4.5 diuji menggunakan aplikasi dan dibandingkan antara status tulang dengan hasil deteksi aplikasi. Berikut merupakan hasil deteksi aplikasi:

Tabel 4.6 Hasil Deteksi Aplikasi

No.	Sampel Citra	Status Tulang	Deteksi Aplikasi
1.	Data <i>Testing</i> 1	Normal	Normal
2.	Data <i>Testing</i> 2	Osteopenia	Osteopenia
3.	Data <i>Testing</i> 3	Osteoporosis	Osteoporosis
4.	Data <i>Testing</i> 4	Osteoporosis	Osteoporosis
5.	Data <i>Testing</i> 5	Osteoporosis	Osteoporosis
6.	Data <i>Testing</i> 6	Osteoporosis	Osteoporosis

4.2.3 Ketepatan Deteksi

Setelah dilakukan tahap implementasi prosedur penelitian maka tahap berikutnya yaitu evaluasi berupa nilai akurasi. Nilai akurasi berdasarkan hasil terhadap pengujian menggunakan 6 sampel citra data *testing* yang terdiri dari 1 citra normal, 1 citra osteopenia, dan 4 citra osteoporosis. Untuk menghitung nilai akurasi dapat menggunakan rumus pada 3.4.5 yaitu:

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4.1)$$

$$PR = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4.2)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TPR \times PR}{\beta \times TPR + (1-\beta) \times PR} \times 100\% \quad (4.3)$$

Pertama, perhitungan deteksi kelas osteopenia/osteoporosis dengan kelas normal:

$$TP = 5$$

$$FP = 0$$

$$FN = 0$$

$$TPR = \frac{5}{5+0} = 1$$

$$PR = \frac{5}{5+0} = 1$$

$$\text{Akurasi} = \frac{1 \times 1}{\beta \times 1 + (1-0,5) \times 1} \times 100\% = 100\%$$

Kedua, perhitungan deteksi kelas osteoporosis dengan kelas osteopenia:

$$TP = 4$$

$$FP = 0$$

$$FN = 0$$

$$TPR = \frac{4}{4+0} = 1$$

$$PR = \frac{4}{4+0} = 1$$

$$\text{Akurasi} = \frac{1 \times 1}{\beta \times 1 + (1-0,5) \times 1} \times 100\% = 100\%$$

Ketiga, perhitungan deteksi kelas osteopenia dengan kelas osteoporosis:

$$TP = 1$$

$$FP = 0$$

$$FN = 0$$

$$TPR = \frac{1}{1+0} = 1$$

$$PR = \frac{1}{1+0} = 1$$

$$\text{Akurasi} = \frac{1 \times 1}{\beta \times 1 + (1 - 0,5) \times 1} \times 100\% = 100\%$$

4.3 Pembahasan

Dari hasil dan rata-rata perhitungan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna 14 sampel citra tulang tangan data training pada tabel 4.2 dan 4.3 yang terdiri dari tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis dapat dianalisa bahwa terdapat perbedaan disetiap fitur yang dimiliki tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis. Perbedaan nilai disetiap fitur menunjukkan perbedaan karakteristik fisika pada citra yang dihasilkan pada setiap kelas seperti pada tabel 4.4.

Pada fitur tekstur, nilai *mean* tertinggi terdapat pada citra tulang normal, kemudian tulang osteopenia dan osteoporosis, hal ini menunjukkan tulang normal memiliki nilai rata-rata derajat keabuan yang lebih banyak daripada tulang osteopenia dan osteoporosis. Nilai *mean* histogram citra tulang normal lebih tinggi dibandingkan tulang osteopenia dan osteoporosis karena tulang normal memiliki massa tulang yang lebih banyak dan densitas yang lebih besar dibandingkan tulang osteopenia dan osteoporosis yang mengalami penurunan densitas tulang. Hal ini yang menyebabkan warna citra *grayscale* tulang normal mendekati abu-abu, sedangkan citra *grayscale* tulang osteopenia dan osteoporosis mendekati putih.

Histogram citra menunjukkan intensitas piksel pada citra dan derajat keabuan. Dalam hal ini, intensitas piksel yang lebih tinggi menunjukkan kepadatan tulang yang lebih besar. Oleh karena itu, pada citra tulang normal, intensitas piksel umumnya lebih tinggi karena tulang normal memiliki lebih banyak massa tulang

dan kepadatan yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, intensitas piksel umumnya lebih rendah karena tulang osteoporosis mengalami penurunan kepadatan tulang sehingga memiliki massa tulang yang lebih sedikit dan kepadatan yang lebih rendah (Bisri, 2013).

Sedangkan nilai standar deviasi tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, kemudian tulang normal, hal ini menunjukkan tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki nilai persebaran derajat keabuan citra dengan rata-ratanya lebih besar daripada tulang normal. Nilai standar deviasi histogram citra tulang osteopenia dan osteoporosis lebih tinggi dibandingkan dengan histogram tulang normal karena sebaran intensitas piksel pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis lebih bervariasi dan heterogen dibandingkan dengan citra tulang normal yang memiliki sebaran intensitas piksel lebih konsisten dan homogen. Hal ini yang menyebabkan sebaran derajat keabuan citra *grayscale* tulang osteopenia dan osteoporosis berjauhan, sedangkan citra *grayscale* tulang normal berdekatan.

Standar deviasi adalah ukuran statistik yang mengukur seberapa jauh data tersebar dari rata-rata (sebaran derajat keabuan). Dalam hal ini, standar deviasi histogram citra tulang mencerminkan seberapa jauh penyebaran intensitas piksel dari nilai rata-rata atau histogram. Pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, distribusi intensitas piksel cenderung bervariasi dan heterogen, dengan perbedaan intensitas yang lebih besar antara satu bagian tulang dengan bagian lainnya. Ini menghasilkan standar deviasi yang lebih tinggi karena distribusi intensitas piksel yang lebih bervariasi. Sedangkan pada citra tulang normal, distribusi intensitas piksel cenderung homogen dan konsisten, dengan sebagian besar piksel memiliki

intensitas yang relatif sama. Ini menghasilkan standar deviasi yang lebih rendah karena distribusi intensitas piksel yang lebih homogen (Bisri,2013).

Pada fitur geometri, nilai dimensi fraktal tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, kemudian tulang normal, hal ini menunjukkan tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki tingkat ketidakteraturan (kompleksitas) tekstur yang lebih tinggi daripada tulang normal. Nilai dimensi fraktal pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis lebih tinggi dibandingkan tulang normal karena pada tulang osteopenia dan osteoporosis terjadi kerusakan struktur tulang dan hilangnya massa tulang, yang menyebabkan munculnya banyak celah dan ketidakteraturan pada citra struktur tulang. Adanya gap dan iregularitas tersebut menyebabkan bone image osteoporosis memiliki dimensi fraktal yang lebih tinggi dibandingkan bone image normal yang memiliki struktur tulang lebih regular dan homogen. Hal ini yang menyebabkan citra biner tulang osteopenia dan osteoporosis heterogen dan kasar, sedangkan citra biner tulang normal homogen dan halus.

Dimensi fraktal adalah ukuran geometris yang digunakan untuk mengukur kompleksitas, ketidakteraturan, dan kekasaran suatu objek. Dalam gambar tulang, dimensi fraktal digunakan untuk mengukur kompleksitas struktur tulang. Pada citra tulang normal, struktur tulang lebih teratur dan homogen, sehingga dimensi fraktal cenderung lebih rendah. Sedangkan pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, kerusakan struktur tulang dan hilangnya massa tulang menyebabkan munculnya banyak celah dan ketidakteraturan pada citra struktur tulang. Hal ini membuat citra tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki dimensi fraktal yang

lebih tinggi karena kompleksitas citra struktur tulang yang lebih tinggi (Rizki, 2016).

Pada fitur ruang warna, nilai *hue* tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, kemudian tulang normal, hal ini menunjukkan tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki kejenuhan warna yang lebih tinggi daripada tulang normal. Nilai *hue* pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis lebih tinggi dibandingkan citra tulang normal karena citra tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki daya serap sinar-x yang lebih rendah dibandingkan tulang normal. Hal ini menyebabkan penyerapan sinar-x pada area tulang osteopenia dan osteoporosis menjadi lebih kecil dan lebih terfokus pada batas tulang, sehingga warna *hue* yang dihasilkan pada citra menjadi lebih jenuh dibandingkan citra tulang normal. Hal ini yang menyebabkan citra HSV tulang osteopenia dan osteoporosis jenuh, sedangkan citra HSV tulang normal jernih.

Hue adalah ukuran warna yang menunjukkan nada warna dalam gambar atau gambar. Pada gambar tulang yang diperoleh dari sinar-x, nada warna dihitung berdasarkan penyerapan sinar-x di berbagai jaringan tulang. Pada citra tulang normal, penyerapan sinar-x pada tulang lebih tinggi daripada pada tulang osteopenia dan osteoporosis, sehingga *hue* yang dihasilkan pada citra lebih rendah. Sedangkan pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, penyerapan sinar-x pada tulang lebih rendah dan lebih terfokus pada batas tulang yang tersisa, sehingga *hue* yang dihasilkan pada citra lebih tinggi dan lebih jenuh (Kadir, 2013).

Sedangkan nilai *saturation* dan *value* tertinggi terdapat pada citra tulang normal, kemudian osteopenia dan osteoporosis, hal ini menunjukkan tulang normal memiliki tingkat kemurnian dan kecerahan warna yang lebih tinggi

daripada tulang osteopenia dan osteoporosis. Nilai *value* dan *saturation* pada citra tulang normal lebih tinggi daripada citra tulang osteopenia dan osteoporosis karena pada tulang normal, absorpsi sinar-x lebih besar dan homogen. Hal ini yang menyebabkan citra HSV tulang normal murni dan cerah, sedangkan citra HSV tulang osteopenia dan osteoporosis buram dan gelap.

Saturation adalah ukuran warna yang menunjukkan seberapa jauh dari abu-abu yang menunjukkan kemurnian citra, sedangkan *value* menunjukkan seberapa terang atau gelap warna yang menunjukkan kecerahan citra. Pada citra tulang, *value* dan *saturation* dihitung berdasarkan penyerapan sinar-x pada jaringan tulang. Pada citra tulang normal, penyerapan sinar-x pada tulang lebih besar dan lebih homogen, sehingga nilai *saturation* dan *value* pada citra lebih tinggi. Sedangkan pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis terjadi kerusakan struktur tulang dan hilangnya massa tulang yang menyebabkan penyerapan sinar-x pada area tulang osteopenia dan osteoporosis menjadi lebih rendah dan tidak homogen. Hal ini menyebabkan nilai *value* dan saturasi pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis lebih rendah dibandingkan citra tulang normal (Kadir, 2013).

Kemudian pada hasil perhitungan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna data *testing* pada tabel 4.4 dilakukan proses pengujian dan didapatkan pada tabel 4.5 status tulang dan hasil pengujian deteksi aplikasi sesuai. Untuk mengetahui ketepatan deteksi dilakukan perhitungan akurasi deteksi antara kelas normal, osteopenia, dan osteoporosis pada 6 sampel citra data uji dan didapatkan hasil keseluruhan 100%. Hal ini menunjukkan bahwa deteksi osteoporosis menggunakan naive bayes berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna

akurat dan signifikan digunakan sebagai metode deteksi osteoporosis pada tulang tangan.

4.4 Integrasi Islam

Dalam perspektif islam kita senantiasa diperintah untuk berfikir tentang segala ciptaan Allah SWT. Kita bisa memahami dan mengetahui begitu dahsyat dan kuasanya menciptakan segala sesuatu sebagai tanda-tanda untuk kita pelajari sebagai ilmu pengetahuan. Sebagaimana yang tercantum pada surat Ali-Imran ayat 190-191, Allah SWT berfirman:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (آل عمران : ١٩٠ - ١٩١)

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka”*” (Ali Imron : 190-191).

Menurut tafsir jalalain, ayat-ayat ini menjelaskan bahwa dalam penciptaan langit dan bumi serta keajaiban-keajaiban yang ada di dalamnya, seperti pergantian malam dan siang, datang dan pergi, penambahan dan pengurangan, terdapat tanda-tanda atau bukti yang menunjukkan kekuasaan Allah SWT. Hal ini dapat dipahami oleh orang yang menggunakan akalinya, yaitu orang yang berfikir dan mengingat Allah dalam segala keadaan, baik saat berdiri, duduk, atau berbaring. Menurut Ibnu Abbas, melakukan shalat dalam keadaan tersebut sesuai dengan kemampuan mereka, sementara mereka memikirkan peristiwa-peristiwa yang terjadi di langit dan bumi. Dalam pemikiran mereka, mereka mengatakan,

“Wahai Tuhan kami, Engkau tidak menciptakan semua ini dengan sia-sia”. Mereka menyadari bahwa semua yang mereka saksikan ini adalah bukti kesempurnaan kekuasaan-Mu. Maha Suci Engkau, tidak mungkin Engkau melakukan sesuatu yang sia-sia. Maka, mereka berdoa, “Peliharalah kami dari siksa neraka”.

Asbabun nuzul dari dua ayat di atas adalah untuk menanggapi klaim orang Yahudi yang mengaku bahwa Allah SWT miskin. Ketika orang Quraisy mendatangi orang Yahudi dan orang Nasrani untuk menanyakan tanda-tanda yang dibawa oleh Nabi Musa dan Nabi Isa, mereka memberikan jawaban yang menunjukkan kekuasaan Allah dalam melakukan mukjizat. Namun, ketika orang Quraisy meminta Nabi Muhammad untuk mengubah bukit Shafa menjadi emas, ayat-ayat ini diturunkan untuk menjelaskan hikmah penciptaan langit dan bumi yang hanya dapat dirasakan oleh orang yang memiliki pemahaman yang mendalam.

Pada ayat tersebut dapat disimpulkan bahwa Allah SWT mengingatkan kepada manusia agar senantiasa berfikir dan mempelajari tanda-tanda dari semua ciptaannya. Kita sebagai makhluk berakal yang beriman, meyakini bahwa tidak ada yang sia-sia dari seluruh penciptaan Allah SWT sekecil apapun. Seperti pada penelitian ini tanda-tanda osteoporosis dapat dipelajari dari fitur tekstur, geometri dan ruang warna citra x-ray Tulang Tangan untuk dianalisa perbedaan antara keduanya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Deteksi osteoporosis pada citra tulang tangan berdasarkan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna menggunakan 14 sampel citra data *training* menunjukkan bahwa pada fitur tekstur, nilai *mean* tertinggi terdapat pada citra tulang normal, hal ini menunjukkan tulang normal memiliki citra *grayscale* lebih abu-abu dan kepadatan yang lebih tinggi daripada tulang osteopenia dan osteoporosis. Sedangkan nilai standar deviasi tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, hal ini menunjukkan tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki sebaran derajat keabuan yang lebih berjauhan dan sebaran intensitas piksel yang lebih bervariasi dan heterogen daripada tulang normal.

Pada fitur geometri, nilai dimensi fraktal tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, hal ini menunjukkan tulang osteoporosis memiliki tingkat ketidakteraturan (kompleksitas) tekstur yang lebih tinggi sehingga lebih heterogen dan kasar daripada tulang normal. Pada fitur ruang warna, nilai *hue* tertinggi terdapat pada citra tulang osteopenia dan osteoporosis, hal ini menunjukkan tulang osteopenia dan osteoporosis memiliki kejenuhan warna yang lebih tinggi daripada tulang normal. Sedangkan nilai *saturation* dan *value* tertinggi terdapat pada citra tulang normal, hal ini menunjukkan tulang normal memiliki tingkat kemurnian dan kecerahan warna yang lebih tinggi daripada tulang osteopenia dan osteoporosis.

Kemudian pada tahap pengujian 6 sampel citra data *testing* didapatkan hasil yang sama pada status tulang dengan hasil pengujian aplikasi dan untuk ketepatan deteksi didapatkan akurasi 100% pada setiap kelas normal, osteopenia, dan osteoporosis. Hal ini menunjukkan bahwa deteksi osteoporosis menggunakan fitur tekstur, geometri, dan ruang warna signifikan dan akurat.

5.2 Saran

Program deteksi ini dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan parameter-parameter pengolahan citra lainnya dan menggunakan sampel citra yang lebih banyak sehingga program lebih teruji dan lebih baik dalam membedakan citra tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Wa Ode Siti Nur dan Mustarum Musaruddin. 2014. *Analisis Fitur Fraktal Citra Termogram sebagai Pendukung Deteksi Dini Kanker Payudara*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- As-Suyuthi, J dan Jalaluddin Muhammad Ibnu Ahmad Al-Mahally. 1505. *Tafsir Jalalain*.
- As-Suyuthi, J dan Abdul Mujieb. 1986. *Lubabun Nuquuli fii Asbabun Nuzuuli*. Rembang : Daarul Ihya.
- Bisri, Hasan. 2013. Klasifikasi Citra Paru-Paru dengan Ekstraksi Fitur Histogram dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *J. Sains dan Seni POMITS*, vol.2. 2337-3520.
- Dayang, A. 2010. *Etnomatematika Hingga Ethnocomputing: Perwujudan Geometri Dalam Batik Jawa Indonesia*. Malaysia: Universitas Malaysia Sabah.
- Gomez, J. 2006. *Awas Pengeroposan Tulang: Bagaimana Menghindari dan Menghadapinya*. Jakarta: Arcan.
- Indra. 2008. *Image Processing-Part 1*. <http://ai.indra-ehm.net/2008/12>. Diakses 20 November 2022.
- Insani, Windri Harsika, Nurhasanah dan Joko Sampurno. 2018. *Aplikasi Geometri Fraktal untuk Identifikasi Osteoporosis pada Tulang Tangan dengan Metode Analisis Fourier 2D*. Prisma Fisika, Vol. VI, No. 01, Hal. 62–64. *Jurnal Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura*.
- Isnaini, Nur Alifa dan Dwi Juniati. 2019. *Klasifikasi Jenis Tumor Kulit Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting dan K-Means*. Vol. 3 No. 2 p.71-77 *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika Universitas Negeri Surabaya*.
- Kadir, Abdul dan Adhi Susanto. 2012. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta : Andi.
- Kadir, A., & Susanto, A. 2013. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Andi Publisher: Yogyakarta.
- Kemenkes. 2008. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1142/menkes/sk/xii/2008 Tentang Pedoman Pengendalian Osteoporosis*. Kemenkes. Jakarta.

- Klinkenberg, B. 1994. *A Review of Method Used to Determine the Fractal Dimension of Linear Features*. Journal Mathematical Geology, 26(1), 12.
- Laili, Nur. 2013. *Klasifikasi Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Naive Bayesian*. Skripsi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mulyadi, M. 2013. *Sistem Identifikasi Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Ciri Dimensi Fraktal*. TRANSIENT, ISSN 2302-9927. 2(3).
- Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung : Informatika Bandung.
- Pandey, Swetha M. S. 2014. *Hybrid Fractal Image Compression Using Quadtree Decomposition with Huffman Coding* . International Journal of Science and Research (IJSR) , 943-948.
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Riara, Sirait Laurent. 2011. *Pengembangan Modeul Klasifikasi pada M-Analyzer, Sistem Portabel Cerdas untuk Identifikasi Parasit Malaria*. Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya.
- Rizki, Y. 2016. *Analisis Statistika dan Dimensi Fraktal Sinyal Elektrokardiografi*. Lampung: FMIPA Universitas Lampung.
- Roskawati, M. 2015. *Analisis Penguasaan Siswa SMA Pada Materi Geometri*. Jurnal Matematika Didaktik, 2(1).
- Sampurno, J. 2011. *Analisis Fraktal Curah Hujan Bulanan kota Pontianak Dengan Metode Eksponen Hurst*. Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 1(3), 128-131.
- Subiantoro, N. 2005. *Penentuan Dimensi Objek Fraktal dengan Metode Box Counting*. Skripsi.
- Usman, Ahmad. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Wijaya, M. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*. Bandung: Informatika Bandung.
- Zaviera, F. 2007. *Osteoporosis: Deteksi Dini, Penanganan, dan Terapi Praktis*. Yogyakarta: Katahati.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code Untuk Input Citra

```
Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% memanggil menu "browse file"
[nama_file, nama_folder] = uigetfile('*.jpg');

% jika ada nama file yang dipilih maka akan mengeksekusi perintah di
bawah
% ini
if ~isequal(nama_file,0)
    % membaca file citra grayscale
    Img_gray = imread(fullfile(nama_folder,nama_file));
    % menampilkan citra pada axes
    axes(handles.axes1)
    imshow(Img_gray)
    title('Citra Tulang')
    % menampilkan nama file pada edit text
    set(handles.edit1,'String',nama_file)
    % menyimpan variabel img gray pada lokasi handles agar connect dengan
push
% button ygt lain
handles.Img = Img_gray;
guidata(hObject, handles)
else
    % jika tidak ada nama file yang dipilih maka akan kembali
    return
end
```

Lampiran 2. Source Code Untuk Segmentasi Citra

```

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% memanggil variabel Img_gray yg ada di lokasi handles
Img_gray = handles.Img;
% melakukan konversi citra grayscale menjadi citra biner
ibw = imbinarize(Img_gray);
% merubah ibw menjadi 0
Img_gray(~ibw) = 0;
% melakukan konversi citra grayscale menjadi rgb
RGB = ind2rgb(Img_gray, colormap);
% melakukan konversi citra rgb menjadi citra hsv
HSV = rgb2hsv(RGB);
% mengubah citra RGB menjadi deteksi tepi
m=1024;
ppp = imresize(RGB, [m,m]);
q=rgb2gray(ppp);
b=edge (q, 'canny');

C=zeros (1,log10(m)/log10(2));
D=zeros (1,log10(m)/log10(2));
for n=1:(log10(m)/log10(2))
    jumlah=0;
    for i=1:2.^n:m
        for k=1:2.^n:m
            A=[b((i:i+(2.^n-1)), (k:k+(2.^n-1)))];
            if sum(sum(A))>=1
                jumlah=jumlah+1;
            end
        end
    end
    D(n)=log10(jumlah);
    C(n)=log10(2.^n);
end

% menampilkan citra biner, RGB, deteksi tepi dan HSV pada axes
sekaligus

axes(handles.axes2)
imshow (ibw)
title('Citra Biner')

axes(handles.axes5)
imshow (RGB)
title('Citra RGB')

axes(handles.axes4)
imshow (b)
title('Citra EdgeCanny')

axes(handles.axes3)
imshow (HSV)
title('Citra HSV')

```

Lampiran 3. Source Code Untuk Ekstraksi Fitur Citra

```

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% memanggil variabel img gray dan bw pada handles
Img_gray=handles.Img;

% ekstraksi fitur
% melakukan konversi citra grayscale menjadi citra biner
bw = imbinarize(Img_gray);
% melakukan operasi morfologi filling holes
bw = imfill(bw, 'holes');
% mengubah bw menjadi 0
Img_gray(~bw) = 0;
% mengubah citra grayscale menjadi RGB
RGB = ind2rgb(Img_gray, colormap)
% melakukan konversi citra rgb menjadi citra hsv
HSV = rgb2hsv(RGB);
% perhitungan HSV
% mengestrak komponen h,s, dan v pada citra hsv
H = HSV(:,:,1); %Hue
S = HSV(:,:,2); %Saturation
V = HSV(:,:,3); %Value
% mengubah nilai piksel background menjadi nol
H(~bw) = 0;
S(~bw) = 0;
V(~bw) = 0;

% mengestrak komponen h,s, dan v pada citra hsv
% menghitung nilai rata2 h,s, dan v
Hue = sum(sum(H))/sum(sum(bw));
Saturation = sum(sum(S))/sum(sum(bw));
Value = sum(sum(V))/sum(sum(bw));
% menghitung mean dan std
[aa,bb] = find(bw==1);
gray_level = zeros(1,numel(aa),1);

for mm = 1:numel(aa)
gray_level(mm) = Img_gray(aa(mm),bb(mm));
end

mean_gray_level = mean(gray_level);
std_gray_level = std(gray_level);

[B,~] = bwboundaries(bw, 'noholes');
boundary = B(1);
position = [boundary(1,2)+40,boundary(1,1)-
50;boundary(1,2)+40,boundary(1,1)-25;...
boundary(1,2)+40,boundary(1,1);boundary(1,2)+40,boundary(1,1)+25;...
boundary(1,2)+40,boundary(1,1)+50;boundary(1,2)+40,boundary(1,1)+75];

```



```

% menghitung dimensi fraktal box counting
m=1024;
    ppp = imresize( RGB, [m,m] );
    q=rgb2gray(ppp);
    b=edge (q, 'canny');

    C=zeros (1, log10(m)/log10(2));
    D=zeros (1, log10(m)/log10(2));
    for n=1: (log10(m)/log10(2))
        jumlah=0;
        for i=1:2.^n:m
            for k=1:2.^n:m
                A=[b((i:i+(2.^n-1)), (k:k+(2.^n-1)))];
                if sum(sum(A))>=1
                    jumlah=jumlah+1;
                end
            end
        end
        D(n)=log10(jumlah);
        C(n)=log10(2.^n);
    end

C2=C*C';
CD=C*D';
Sx=sum(C);
Sy=sum(D);
a=(C2*Sy-Sx*CD)/(n*C2-Sx^2);
b=(n*CD-Sx*Sy)/(n*C2-Sx^2);
dim=(abs(b));

% mengisi variabel ciri_latih dengan ciri hasil ekstraksi
ciri_uji(1,1) = mean_gray_level;
ciri_uji(1,2) = std_gray_level;
ciri_uji(1,3) = dim;
ciri_uji(1,4) = Hue;
ciri_uji(1,5) = Saturation;
ciri_uji(1,6) = Value;

% menampilkan ciri hasil ekstraksi pada tabel
ciri_tabel=cell(6,2);
ciri_tabel{1,1}='M';
ciri_tabel{2,1}='std';
ciri_tabel{3,1}='dim';
ciri_tabel{4,1}='H';
ciri_tabel{5,1}='S';
ciri_tabel{6,1}='V';

ciri_tabel{1,2}=num2str(mean_gray_level);
ciri_tabel{2,2}=num2str(std_gray_level);
ciri_tabel{3,2}=num2str(dim);
ciri_tabel{4,2}=num2str(Hue);
ciri_tabel{5,2}=num2str(Saturation);
ciri_tabel{6,2}=num2str(Value);

set(handles.uitable1, 'Data', ciri_tabel, 'RowName', 1:6)
% menyimpan variabel bw pada lokasi handles agar connect dengan push
% button ygt lain
handles.ciri_uji = ciri_uji;
guidata(hObject, handles)

```

Lampiran 4. Source Code Untuk Deteksi Citra

```
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% memanggil variabel ciri uji yang ada di lokasi handles
    ciri_uji=handles.ciri_uji;
% memanggil model naive bayes hasil pelatihan
    load Mdl

% membaca kelas keluaran hasil pengujian
hasil_uji = predict(Mdl,ciri_uji);
% menampilkan kelas keluaran hasil pengujian pada edit text
set(handles.edit2,'String',hasil_uji{1})
```

Lampiran 5. Source Code Untuk Reset Aplikasi

```

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% mereset
set(handles.edit1, 'String', [])
set(handles.edit2, 'String', [])

axes(handles.axes1)
cla reset
set(gca, 'XTick', [])
set(gca, 'YTick', [])

axes(handles.axes2)
cla reset
set(gca, 'XTick', [])
set(gca, 'YTick', [])

axes(handles.axes5)
cla reset
set(gca, 'XTick', [])
set(gca, 'YTick', [])

axes(handles.axes4)
cla reset
set(gca, 'XTick', [])
set(gca, 'YTick', [])

axes(handles.axes3)
cla reset
set(gca, 'XTick', [])
set(gca, 'YTick', [])

set(handles.uitable1, 'Data', [], 'RowName', {'' '' '' '' '' '' ''})

```