

**SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS BERDASARKAN CITRA *DENTAL
PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN METODE
*BACKPROPAGATION***

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
NILNA ALMUMTAZAH
H92219054

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2022

**SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS BERDASARKAN CITRA *DENTAL*
PANORAMIC RADIOGRAPH (DPR) MENGGUNAKAN METODE
*BACKPROPAGATION***

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Program Studi Matematika



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun oleh
NILNA ALMUMTAZAH
H92219054

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : NILNA ALMUMTAZAH

NIM : H92219054

Judul Skripsi : SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS
BERDASARKAN CITRA *DENTAL PANORAMIC*
RADIOGRAPH (DPR) MENGGUNAKAN METODE
BACKPROPAGATION

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I

Pembimbing II

Dian Candra Rini Novitasari, M. Kom
NIP. 198511242014032001

NIP.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : NILNA ALMUMTAZAH
NIM : H92219054
Judul Skripsi : SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS
BERDASARKAN CITRA *DENTAL PANORAMIC*
RADIOGRAPH (DPR) MENGGUNAKAN METODE
BACKPROPAGATION

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 13 Januari 2023

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

Penguji II

Dian Candra Rini Novitasari, M. Kom
NIP. 198511242014032001

NIP.

Penguji III

Penguji IV

NIP.

NIP.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 197312272005012003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : NILNA ALMUMTAZAH

NIM : H92219054

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS BERDASARKAN CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION*". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Januari 2023

Yang menyatakan,

NILNA ALMUMTAZAH
NIM. H92219054

MOTTO

وَعَسَىٰ أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ ۚ وَعَسَىٰ أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ ۗ
وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

”Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu buruk bagimu. Allah Maha Mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui.”

(QS. Al-Baqarah: 216)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini penulis persembahkan
untuk orang tua, guru, sahabat, dan teman-teman semua

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT., yang telah melimpahkan karunia dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul "SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS BERDASARKAN CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION*", dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Akh. Muzakki, M.Ag, Grad.Dip.SEA., M.Phil, Ph.D. selaku rektor Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
2. Bapak Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
3. Ibu Yuniar Farida, M.T. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
4. Ibu Dian C. Rini Novitasari selaku dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak/Ibu dosen prodi matematika.
6. Seluruh pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki hal-hal yang perlu disempurnakan.

Surabaya, 13 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Batasan Masalah	7
1.6. Sistematika Penulisan	8
II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. <i>Osteoporosis</i>	9
2.1.1. Faktor Risiko	10
2.1.2. Pencegahan	14
2.1.3. Diagnosa	15
2.2. Tulang Mandibula	16
2.3. Citra Digital	18
2.4. Dental Panoramic Radiograph (DPR)	19

2.5. Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)	20
2.6. Region of Interest	21
2.7. Gray Level Run Length Matrix (GLRLM)	22
2.7.1. SRE (Short Run Emphasis)	23
2.7.2. LRE (Long Run Emphasis)	23
2.7.3. GLN (Gray-Level Non-uniformity)	24
2.7.4. RLN (Run-Length Non-uniformity)	24
2.7.5. RP (Run Percentage)	24
2.7.6. LGRE (Low Gray-Level Run Emphasis)	25
2.7.7. HGRE (High Gray-Level Run Emphasis)	25
2.7.8. SRLGE (Short Run Low Gray-Level Emphasis)	25
2.7.9. SRHGE (Short Run High Gray-Level Emphasis)	25
2.7.10. LRLGE (Long Run Low Gray-Level Emphasis)	26
2.7.11. LRHGE (Long Run High Gray-Level Emphasis)	26
2.8. Backpropagation	26
2.9. Evaluasi Sistem	31
III METODE PENELITIAN	33
3.1. Jenis Penelitian	33
3.2. Jenis dan Sumber Data	33
3.3. Kerangka Penelitian	34

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

2.1	Mikroarsitektur Tulang Normal (kiri), Tulang Osteopenia (Tengah), dan Mikroarsitektur Tulang Osteoporosis (kanan)	10
2.2	Anatomi Tulang Mandibula	17
2.3	Citra DPR Tulang Normal	20
2.4	Citra DPR Tulang Osteopenia	20
2.5	Citra DPR Tulang Osteoporosis	20
2.6	Citra DPR Asli	22
2.7	Tulang Mandibula Kanan	22
2.8	Tulang Mandibula Kiri	22
2.9	Arsitektur Backpropagation	28
3.1	Diagram Alir Penelitian	34

ABSTRAK

SISTEM DIAGNOSIS OSTEOPOROSIS BERDASARKAN CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION*

Kata kunci:

ABSTRACT

OSTEOPOROSIS DIAGNOSIS SYSTEM BASED ON *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) IMAGES USING *BACKPROPAGATION* METHOD

Keywords:

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Eksistensi tulang pada tubuh manusia selain sebagai penyokong tubuh juga berfungsi sebagai tempat melekatnya otot serta untuk melindungi organ vital. Perkembangan tulang terjadi sejak bayi hingga usia dewasa. Meskipun tulang manusia terlihat kuat namun tetap harus memperhatikan kesehatannya, karena tulang tidak kebal terhadap penyakit (Fatri Eviyanti, 2022). Penyakit tulang adalah kondisi yang merusak kerangka dan membuat tulang lemah serta rentan mengalami patah tulang (Ardhy, 2019). Penyakit tulang seringkali tidak disadari sehingga penyakit tersebut berkembang hingga tidak dapat diobati lagi. Orang dengan usia lanjut lebih rentan mengalami penyakit tulang, hal tersebut telah termaktub dalam Quran surat Maryam ayat 4 yang berbunyi:

قَالَ رَبِّ إِنِّي وَهَنَ الْعَظْمُ مِنِّي وَاشْتَعَلَ الرَّأْسُ شَيْبًا وَلَمْ أَكُنْ بِدُعَائِكَ رَبِّ شَقِيًّا

Artinya: Dia (Zakaria) berkata, “Wahai Tuhanku, sesungguhnya tulangku telah lemah, kepalaku telah dipenuhi uban, dan aku tidak pernah kecewa dalam berdoa kepada-Mu, wahai Tuhanku. (QS. Maryam 19:4).

Salah satu penyakit tulang yang telah mempengaruhi jutaan orang di dunia setiap tahunnya yaitu osteoporosis (Fan et al., 2021). Osteoporosis adalah penyakit tidak menular serta merupakan penyakit tulang yang paling umum (Kanis et al., 2000; Melton et al., 1992, 1998). Diperkirakan lebih dari 200 juta orang menderita

osteoporosis (Lee et al., 2020) serta lebih dari 8.9 juta patah tulang osteoporosis terjadi setiap tahun di seluruh dunia, mengakibatkan satu patah tulang setiap tiga detik (Alzubaidi Otoom, 2020). Persentase dari pria dan wanita berusia 50 tahun ke atas yang akan mengalami osteoporosis sebesar 6.3% untuk pria dan 21.2% untuk wanita. Atau sekitar 1 dari 3 wanita dan 1 dari 5 pria akan mengalami patah tulang osteoporosis (International Osteoporosis Foundation: Facts and Statistics, 2022). Biasanya wanita pasca menopause lebih berisiko terkena osteoporosis dikarenakan hilangnya hormone esterogen setelah menopause (Infodatin, 2015).

Penuaan populasi yang cepat di seluruh dunia serta perubahan pola hidup, menjadikan kasus osteoporosis dan patah tulang meningkat secara signifikan dan akan terus meningkat tajam di masa depan. Karena prevalensinya di seluruh dunia, osteoporosis dianggap sebagai masalah kesehatan masyarakat yang serius (Genant et al., 1999; Silverman, 1979). Kasus osteoporosis di negara-negara Asia masih sangat kurang penanganannya, bahkan pada pasien berisiko tinggi yang telah mengalami patah tulang. Masalahnya sangat akut di daerah pedesaan, seperti pada negara-negara terpadat yaitu Cina dan India. Mayoritas penduduk pada negara tersebut tinggal di daerah pedesaan (60% di Cina), di mana patah tulang pinggul sering dirawat secara konservatif di rumah daripada dengan perawatan bedah di rumah sakit (Mithal et al., 2009).

Sejatinya sehat dan sakit merupakan karunia Allah yang mana tidak ada kuasa yang dapat menghalanginya. Namun apabila mendapat anugerah sakit harus tetap berikhtiar semaksimal mungkin serta diiringi dengan doa. Adapun hasilnya tetap merupakan ketentuan Allah. Ikhtiar dalam Islam sangat dianjurkan untuk membantu kesembuhan sebagaimana firman Allah dalam Quran surat Asy-Syu'ara ayat 80:

وَإِذَا مَرَضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِي ۖ

Artinya: “Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkan aku.” (QS. Asy-Syu’ara 26:80).

Berobat hanyalah sebuah ikhtiar sedangkan yang menyembuhkan adalah Allah SWT bukanlah obat. Anjuran berobat juga diserukan oleh Nabi sebagaimana hadis yang diriwayatkan oleh Abu Daud:

عِبَادَ اللَّهِ، تَدَاوُوا، وَلَا تَدَاوُوا بِحَرَامٍ

Artinya: “Maka berobatlah kalian, dan jangan kalian berobat dengan yang haram.” (HR. Abu Daud).

Salah satu contoh ikhtiar dalam pencegahan osteoporosis yaitu dengan melakukan deteksi dini dari kondisi tulang seperti melakukan pengukuran kepadatan mineral tulang (Bone Mineral Density). Metode yang dapat diupayakan adalah dengan mengenali suatu citra menggunakan sinar X atau pemeriksaan radiologis. Namun, pemeriksaan radiologis seperti sinar rontgen (X-Ray polos) baru dapat mendeteksi apabila massa tulang sudah berukuran 30%. Deteksi osteoporosis dapat juga dengan menggunakan sinar rontgen yang sudah diberlakukan secara khusus untuk mengukur massa tulang seperti Quantitative Computerized Tomography (QCT) atau Osteo Computerized Tomography (OCT), gelombang ultrasonik, Single Photon Absorptometry (SPA) dengan menggunakan sinar gamma, Dual photon Absorptometry (DPA), Dual-energy X-ray Absorptometry (DXA) atau dengan pemeriksaan histomorfometri tulang (Rukmoyo, 2012). Namun tingginya biaya pemeriksaan dengan menggunakan alat-alat tersebut serta terbatasnya ketersediaan mengakibatkan teknik ini kurang

efektif (Yu et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan pilihan alternatif deteksi selain menggunakan alat-alat tersebut.

Alternatif lain yang dapat digunakan dalam mengestimasi BMD yakni Dental Panoramic Radiograph (DPR) yang baru-baru ini telah menunjukkan kelayakannya (Chu et al., 2018). Citra DPR adalah jenis citra ekstraoral yang sering digunakan dokter gigi sebelum melakukan tindakan. Bagian citra DPR yang digunakan untuk memeriksa osteoporosis adalah tulang kortikal dan tulang trabekula (Sela, 2021). Citra DPR memiliki biaya yang lebih terjangkau dan mudah didapat (Yeung Mozos, 2020) serta dapat memberikan informasi yang sangat baik untuk deteksi dini osteoporosis (Aliaga et al., 2020). Proses deteksi dengan menggunakan citra DPR dapat dilakukan dengan bantuan machine learning dan pengolahan citra digital. Sehingga risiko kesalahan penentuan osteoporosis, serta biaya diagnosis yang tinggi dapat diminimalisir dengan adanya bantuan analisis tekstur yang diperoleh dengan sistem Computer Aided Diagnosis (CAD). CAD memiliki tiga tahap, yaitu preprocessing, ekstraksi fitur, dan tahap klasifikasi.

Tahap preprocessing berguna untuk memperbaiki kualitas citra supaya lebih mudah dalam proses identifikasi. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki kualitas citra adalah Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). CLAHE merupakan pengembangan dari metode Adaptive Histogram Equalization (AHE). Pada permasalahan lain terdapat penelitian yang membandingkan metode peningkatan kualitas berbasis histogram seperti HE, AHE, dan CLAHE pada citra gesture tangan. CLAHE menghasilkan nilai MSE terendah dan nilai PSNR tertinggi pada keempat uji coba, artinya CLAHE merupakan metode yang paling baik dibandingkan HE dan AHE (Yustiantara et al., 2021). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Hapsari dkk dengan menggunakan

citra iris diperoleh hasil bahwa metode perbaikan histogram dengan menggunakan CLAHE lebih baik dibandingkan HE dan AHE (Hapsari et al., 2020).

Tahap ekstraksi fitur bertujuan untuk mengambil nilai ciri dari suatu citra. Pada penelitian ini ekstraksi fitur yang digunakan adalah ekstraksi fitur tekstur. Terdapat beragam metode untuk analisis tekstur salah satunya yaitu Gray Level Run Length Matrix (GLRLM) yang merupakan fitur statistik tingkat tinggi dengan menerapkan matriks menunjukkan jumlah piksel (jarak) yang tercakup dari Pixel of Interest (PoI) ke piksel dengan nilai intensitas yang sama (Novitasari et al., 2019). Pada permasalahan lain terdapat penelitian yang memprediksi perkembangan post-endovascular aortic aneurysm repair dengan membandingkan tiga metode ekstraksi fitur tekstur GLCM, GLRLM, dan GLDM. Pada penelitian tersebut metode GLRLM memperoleh akurasi paling tinggi sebesar 87.23% (Ding et al., 2020). Metode GLRLM juga telah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya, seperti penelitian oleh Chandraprabha dan Akila yang mengkombinasikan metode GLCM dan GLRLM dengan hasil yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan GLCM saja (Chandraprabha Akila, 2019).

Tahap klasifikasi berfungsi untuk mendiagnosis apakah citra tersebut merupakan citra normal, citra osteopenia, atau citra osteoporosis. Salah satu metode klasifikasi adalah Backpropagation yang merupakan salah satu metode pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan (JST). Backpropagation ini dikenal dengan multilayer perceptron, dimana terdapat banyak hidden layer yang digunakan untuk mengupdate nilai bobot (Fitri et al., 2021). Algoritma Backpropagation akan menghasilkan kinerja yang lebih baik karena dilakukan latihan yang berulang-ulang. Backpropagation memiliki tiga tahap yaitu feed forward, backward, dan update bobot. Pada permasalahan lain terdapat beberapa penelitian

yang menggunakan metode Backpropagation seperti penelitian terkait pengklasifikasian mutu buah naga putih oleh Fitri dkk. dengan menggunakan model arsitektur jaringan 5,8,5,3 diperoleh akurasi pengujian terbaik sebesar 86,67% (Fitri et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Wisudawati, dkk. terkait klasifikasi tumor payudara juga menggunakan metode Backpropagation yang mana pada penelitian tersebut diperoleh akurasi sebesar 95.83% (Wisudawati et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan di atas dan paparan penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti akan menggunakan metode Backpropagation untuk mengklasifikasikan data tulang rahang dari citra DPR pada tulang mandibula untuk menentukan kepadatan tulang dan karakteristiknya dengan menggunakan analisis tekstur. Sebagaimana telah diketahui bahwa osteoporosis merupakan salah satu penyakit yang telah mempengaruhi jutaan orang di dunia setiap tahunnya, oleh karena itu berbagai tindakan medis dilakukan untuk menekan kasus osteoporosis salah satunya dengan melakukan deteksi dini sehingga pasien dapat diberikan penanganan secara cepat dan tepat, serta dapat mengurangi risiko patah tulang dengan baik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka peneliti merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses awal citra DPR menggunakan *Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization* dan *Region of Interest* pada tulang mandibula?
2. Bagaimana proses ekstraksi fitur citra DPR menggunakan prinsip GLRLM?
3. Bagaimana proses klasifikasi hasil ekstraksi fitur tiga kelas yaitu tulang

normal, tulang osteopenia, dan tulang osteoporosis menggunakan metode *Backpropagation*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses awal citra DPR menggunakan *Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization* dan *Region of Interest* pada tulang mandibula.
2. Mengetahui proses ekstraksi fitur citra DPR menggunakan prinsip GLRLM.
3. Mengetahui proses klasifikasi hasil ekstraksi fitur tiga kelas yaitu tulang normal, tulang osteopenia, dan tulang osteoporosis menggunakan metode *Backpropagation*

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan terkait model GLRLM dan metode *Backpropagation*.
2. Memberikan alternatif bagi tenaga medis untuk deteksi osteoporosis.
3. Menambah literatur penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data citra DPR. Citra DPR yang diambil adalah RoI pada tulang mandibula.

2. Deteksi osteoporosis dibagi dalam tiga kelas yaitu tulang normal, tulang osteopenia, dan tulang osteoporosis.
3. Keluaran dari sistem ini berupa informasi hasil klasifikasi tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis dengan menggunakan *Backpropagation*.

1.6. Sistematika Penulisan

Bagian ini berisi tentang paparan garis-garis besar isi tiap bab.

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi landasan teori mengenai osteoporosis, osteopenia, pengolahan citra berupa *Adaptive Histogram Equalization*, *Region of Interest*, GLRLM, dan *Backpropagation*.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang jenis penelitian, waktu penelitian, pengumpulan data, analisis data, dan pengujian serta evaluasi.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil ekstraksi fitur menggunakan GLRLM dan hasil klasifikasi menggunakan *Backpropagation* serta analisis dari hasil-hasil yang didapat.

5. BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan penelitian serta saran dari peneliti kepada peneliti-peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

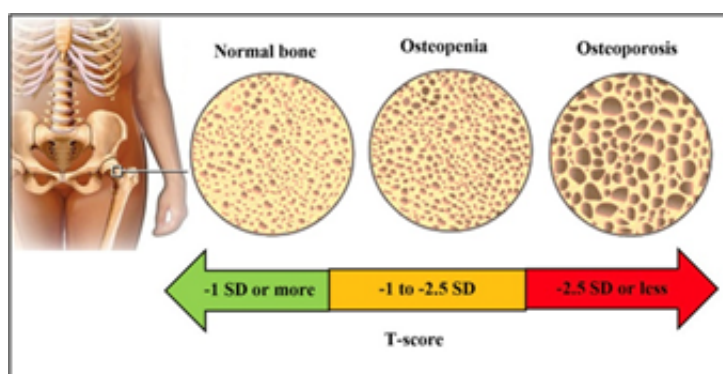
2.1. *Osteoporosis*

Tulang adalah jaringan hidup yang memiliki pembuluh darah sendiri dan terbuat dari berbagai sel protein, mineral, dan vitamin. Struktur tersebut memungkinkan tulang terus tumbuh, mengubah dan memperbaiki diri sendiri sepanjang hidup. Fungsi utama tulang adalah:

1. Memberikan dukungan struktural untuk tubuh
2. Memberikan perlindungan organ vital
3. Menyediakan lingkungan untuk sumsum (di mana sel darah diproduksi)
4. Bertindak sebagai tempat penyimpanan mineral (seperti kalsium)

Osteoporosis didefinisikan sebagai penyakit tulang sistemik yang ditandai dengan massa tulang yang rendah mineral dan kerusakan mikroarsitektur jaringan tulang, lebih khusus lagi penurunan jumlah trabekula yang digabungkan dengan penipisan trabekula dan hilangnya konektivitas, serta penurunan ketebalan kortikal dan peningkatan porositasnya (Seeman Delmas, 2006; Silverman, 1979). Osteoporosis merupakan penyakit tulang yang ditandai dengan penurunan massa tulang serta kerusakan struktur mikroarsitektur tulang yang mengakibatkan peningkatan risiko patah tulang (Franciotti et al., 2021; Kathirvelu et al., 2019). Sedangkan Osteopenia merupakan penyakit tulang yang ditandai dengan

penurunan massa tulang, dan berkurangnya kepadatan mineral tulang, yang akan berkembang menjadi osteoporosis (Teng et al., 2021). Osteoporosis tidak memiliki gejala sampai terjadinya patah tulang yang pertama (Sela Pulungan, 2019; Yu et al., 2019), oleh karenanya osteoporosis sering disebut silent disease sehingga banyak orang tidak menyadari bahwa dirinya menderita osteoporosis (Alzubaidi Otoom, 2020). Umumnya patah tulang osteoporosis terjadi pada tulang belakang, pergelangan tangan atau pinggul, meskipun patah tulang osteoporosis dapat terjadi pada tulang lain juga.



Gambar 2.1 Mikroarsitektur Tulang Normal (kiri), Tulang Osteopenia (Tengah), dan Mikroarsitektur Tulang Osteoporosis (kanan)

2.1.1. Faktor Risiko

Identifikasi pasien dengan risiko tinggi patah tulang kini semakin difokuskan selain identifikasi orang dengan osteoporosis seperti yang didefinisikan oleh kepadatan mineral tulang atau Bone Mineral Density (BMD) saja (Dawson-Hughes et al., 2008; Fujiwara et al., 2008; J. A. Kanis et al., 2008; Leslie, 2008; Siris Delmas, 2008; Tosteson et al., 2008). BMD merupakan salah satu komponen risiko patah tulang, oleh karena itu penilaian risiko patah tulang yang akurat idealnya harus mempertimbangkan faktor risiko lain yang terbukti menambah informasi yang diberikan oleh BMD. Terdapat dua jenis faktor risiko

yang berbeda yaitu tetap dan dapat dimodifikasi.

1. Faktor risiko tetap

Meskipun faktor risiko tetap tidak dapat diubah, namun tetap harus mewaspadainya sehingga dapat mengambil langkah-langkah pencegahan. Faktor risiko tetap meliputi (J. A. Kanis et al., 2001; J. A. Kanis, Johansson, et al., 2004; J. A. Kanis, Johnell, et al., 2004; John A. Kanis et al., 2004):

- (a) Usia, mayoritas patah tulang pinggul (90%) terjadi pada orang berusia 50 tahun atau lebih yang disebabkan oleh berkurangnya kepadatan mineral tulang seiring bertambahnya usia.
- (b) Kehilangan tinggi badan, pria wanita paruh baya dan lanjut usia dengan penurunan tinggi badan tahunan lebih dari 0.5 cm berada pada peningkatan risiko pinggul dan patah tulang apapun (Moayyeri et al., 2008).
- (c) Jenis kelamin wanita, wanita terutama pascamenopause, lebih rentan terhadap pengeroposan tulang dibandingkan pria, karena tubuh mereka memproduksi lebih sedikit estrogen.
- (d) Riwayat keluarga, osteoporosis telah terbukti dalam penelitian memiliki komponen genetik yang besar (Pocock et al., 1987; Seeman et al., 1989; Thijssen, 2006) riwayat osteoporosis atau patah tulang (terutama riwayat keluarga patah tulang pinggul) dikaitkan dengan peningkatan risiko patah tulang.
- (e) Riwayat fraktur, setelah fraktur trauma rendah awal akibat jatuh sederhana, baik pria dan wanita yang lebih tua memiliki peningkatan risiko yang setara dengan semua jenis fraktur berikutnya, terutama

dalam 5-10 tahun ke depan (Center et al., 2007).

- (f) Etnis, studi telah menemukan osteoporosis lebih sering terjadi pada populasi Kaukasia dan Asia, dan prevalensi osteoporosis dan kejadian patah tulang pinggul dan tulang belakang lebih rendah pada orang kulit hitam daripada orang kulit putih.
- (g) Defisiensi estrogen dan amenore, defisiensi estrogen disebabkan oleh defek pada poros hipotalamus-hipofisis-ovarium sedangkan amenore disebabkan oleh olahraga yang intensif (atlet), gangguan makan (anoreksia nervosa dan bulimia), kemoterapi, penyakit kronis, dan sindrom Turner.
- (h) Menopause dan histerektomi, wanita pasca menopause dan wanita menopause dini lebih berisiko terkena osteoporosis. Pasien histerektomi yang disertai pengangkatan ovarium juga berisiko lebih tinggi karena hilangnya estrogen.

2. Faktor risiko yang dapat dimodifikasi

Sebagian besar faktor risiko yang dapat dimodifikasi secara langsung berdampak pada biologi tulang dan mengakibatkan penurunan BMD, beberapa di antaranya juga meningkatkan risiko patah tulang. Faktor risiko yang dapat dimodifikasi meliputi (J. A. Kanis et al., 2005; John A. Kanis et al., 2005):

- (a) Alkohol, asupan alkohol yang tinggi menyebabkan osteoporosis sekunder karena efek langsung yang merugikan pada sel pembentuk tulang.
- (b) Merokok, merokok dapat menyebabkan kepadatan tulang yang lebih

rendah dan risiko patah tulang yang lebih tinggi (J. A. Kanis et al., 2005; Nguyen et al., 1994; Ward Klesges, 2001) dan risiko ini meningkat seiring bertambahnya usia (J. A. Kanis et al., 2005).

- (c) Indeks massa tubuh rendah, studi telah memberikan bukti bahwa berat badan pada masa bayi merupakan penentu massa tulang di masa dewasa (Cooper et al., 1995, 1997; D ppe et al., 1997). Penurunan berat badan juga dikaitkan dengan keropos tulang yang lebih besar dan peningkatan risiko patah tulang (De Laet et al., 2005; Ensrud et al., 2003).
- (d) Gizi buruk - asupan kalsium makanan rendah, tubuh yang kekurangan kalsium akan memproduksi lebih banyak hormon paratiroid sehingga kalsium tulang harus memasok saraf dan otot mineral.
- (e) Kekurangan vitamin D, vitamin D berperan penting dalam membantu penyerapan kalsium dari usus ke dalam darah. Setidaknya 800 International Units (IU) vitamin D dan 1.000 hingga 1.200 mg kalsium setiap hari dapat berkontribusi untuk melindungi terhadap osteoporosis (Bess Dawson-Hughes et al., 2005).
- (f) Gangguan makan, osteoporosis juga dapat diperparah dengan gangguan makan seperti anoreksia nervosa dan bulimia.
- (g) Latihan yang tidak memadai, kurangnya aktivitas fisik dan gaya hidup yang menetap lebih berisiko mengalami patah tulang pinggul daripada mereka yang lebih aktif.
- (h) Sering jatuh, kurang dari 5% jatuh pada orang tua mengakibatkan patah tulang, hampir 60% dari mereka yang jatuh tahun sebelumnya akan jatuh lagi dan lebih dari 90% patah tulang pinggul akibat jatuh (Tinetti, 2003).

- (i) Gangguan penglihatan, kehilangan keseimbangan, disfungsi neuromuskular, demensia, imobilisasi, dan penggunaan obat tidur, merupakan kondisi yang dapat meningkatkan risiko jatuh dan patah tulang.

2.1.2. Pencegahan

Faktor genetik memang berperan penting dalam peningkatan risiko osteoporosis, namun faktor gaya hidup juga memiliki peranan dalam perkembangan tulang dari masa ke masa.

1. Masa kecil hingga remaja

Pencegahan osteoporosis dimulai dengan pertumbuhan dan perkembangan tulang yang optimal pada masa muda. Oleh karena itu, penting bagi anak-anak dan remaja memperhatikan hal-hal berikut:

- (a) Diet bergizi dengan asupan kalsium yang cukup
- (b) Menghindari malnutrisi protein dan kurang gizi
- (c) Mempertahankan pasokan vitamin D yang cukup
- (d) Berpartisipasi dalam aktivitas fisik secara teratur
- (e) Menghindari efek perokok pasif

2. Masa dewasa

Nasihat nutrisi dan gaya hidup untuk membangun tulang yang kuat di masa muda juga berlaku untuk orang dewasa. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan oleh orang dewasa:

- (a) Memastikan diet seimbang dan asupan kalsium yang cukup

- (b) Menghindari kekurangan gizi, terutama efek dari diet penurunan berat badan yang parah dan gangguan makan
- (c) Mempertahankan pasokan vitamin D yang cukup
- (d) Berpartisipasi dalam aktivitas menahan beban secara teratur
- (e) Menghindari merokok dan perokok pasif
- (f) Menghindari minum berat dan teratur

3. Orang tua

Osteoporosis menjadi lebih umum dengan bertambahnya usia, karena tulang hilang secara progresif pada usia dewasa. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan oleh orang tua:

- (a) Memastikan asupan yang cukup yang terpenting protein, kalsium dan vitamin D, aktif dalam kegiatan olahraga
- (b) Mencegah jatuh, ketika osteoporosis hadir, bahkan trauma ringan seperti batuk, benturan ringan atau jatuh dapat menyebabkan patah tulang
- (c) Meningkatkan kualitas hidup setelah patah tulang pertama

2.1.3. Diagnosa

Pria dan wanita berusia di atas 60 tahun berisiko lebih tinggi terkena osteoporosis daripada orang yang lebih muda. Namun demikian, ada kemungkinan untuk mengalami osteopenia (massa tulang rendah) atau osteoporosis pada usia yang jauh lebih dini. Karena osteoporosis tidak memiliki gejala yang jelas, maka diperlukan diagnosis untuk mengetahui nilai BMD. Teknik tes BMD yang paling umum adalah teknik densitometri yang disebut Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA). DXA merupakan teknik kuantitatif cepat yang mampu mendeteksi

persentase pengeroposan tulang yang cukup kecil dengan mengukur redaman melalui tubuh berkas sinar-X radiasi rendah dengan dua energi foton berbeda [3], menggunakan hidroksiapatit (mineral tulang) dan jaringan lunak. sebagai bahan referensi. Namun tingginya biaya pemeriksaan dengan menggunakan alat-alat tersebut serta terbatasnya ketersediaan mengakibatkan teknik ini kurang efektif. Alternatif lain yang dapat digunakan dalam mengestimasi BMD yakni Dental Panoramic Radiograph (DPR) yang memiliki biaya relative lebih terjangkau dan mudah didapat (Yeung Mozos, 2020) serta dapat memberikan informasi yang sangat baik untuk deteksi dini osteoporosis (Aliaga et al., 2020).

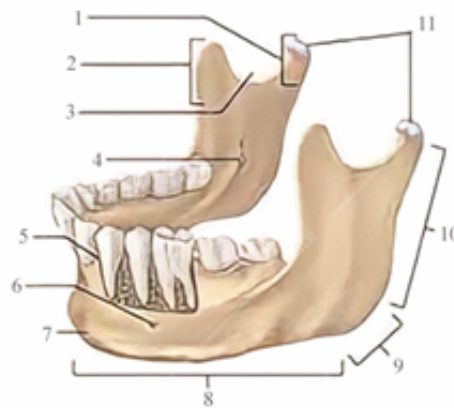
2.2. Tulang Mandibula

Mandibula atau tulang rahang bawah merupakan bagian dari tulang wajah. Tulang mandibula merupakan satu-satunya tulang wajah yang bisa bergerak. Tulang mandibula berasal dari dua tulang yang terpisah, yang kemudian bergabung menjadi satu pada usia sekitar satu tahun.

Bagian dari tulang mandibular yang berada pada horizontal disebut corpus atau body. Pada bagian posterior vertical disebut ramus. Kedua bagian dari mandibular disebut ganion. Titik pertengahan pada dagu disebut mentum. Pada permukaan bagian dalam mandibular di wilayah dagu mempunyai foramen mental yang berbentuk titik kecil. Karena letaknya berada pada antero lateral, maka foramen mental menjadi bagian yang dilewati oleh saraf dan pembuluh darah pada dagu. Ganion atau sudut mandibular memiliki permukaan lateral yang kasar untuk pemasangan otot pengunyah. Kemudian seperti rahang atas atau biasa disebut maxilla, mandibular juga memiliki prosesus alveolar yang berada diantara gigi.

Ramus pada mandibular berbentuk seperti huruf Y. Cabang posterior pada

ramus disebut prosesus kondiloideus yang berartikulasi dengan fossa mandibular tulang temporal. Artikulasi ini membentuk sendi atau yang biasa kita sebut temporomandibular joint (TMJ). Sedangkan cabang anterior ramus adalah prosesus koronoideus yang berbentuk sebuah bilah. Prosesus koronoideus berfungsi sebagai penyisipan tulang temporalis, yang menarik mandibular ke atas saat sedang menggigit. Lengkungan berbentuk U diantara kedua prosesus disebut mandibular notch. Terdapat foramen mandibular tepat dibawah mandibular notch yang berfungsi sebagai tempat yang dilewati saraf dan pembuluh darah untuk mencapai gigi bawah (Saladin 2017).



Gambar 2.2 Anatomi Tulang Mandibula

Keterangan gambar:

1. Condylar process
2. Coronoid process
3. Mandibular notch
4. Mandibular foramen
5. Alveolar process

6. Mental foramen
7. Mental protuberance
8. Corpus/body
9. Angle/ganion
10. Ramus
11. Mandibular condyles

2.3. Citra Digital

Citra adalah suatu gambaran atau kemiripan dari suatu objek. Citra analog tidak dapat direpresentasikan dalam komputer, sehingga tidak bisa diproses oleh komputer secara langsung. Agar citra dapat diproses di komputer maka citra analog harus dikonversikan menjadi citra digital. Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Sebuah citra digital diwakili oleh matriks yang terdiri dari M baris dan N kolom, di mana perpotongan antara baris dan kolom disebut piksel. Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x, y) adalah $f(x, y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu (Andono et al., 2017).

Citra digital dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan tingkat warnanya, diantaranya adalah: citra RGB, citra grayscale, dan citra biner. Citra RGB memiliki warna pada setiap pikselnya dalam tiga komponen, yaitu red, green, dan blue. Nilai dari setiap pikselnya berkisar dari 0 sampai 255. Sehingga warna yang akan disajikan adalah $255 \times 255 \times 255$. Citra grayscale adalah citra yang memiliki warna dari putih yang bergradasi hingga menjadi hitam. Nilai dari setiap pikselnya berkisar dari 0 yang berwarna hitam hingga 255 yang berwarna putih. Sedangkan

citra biner merupakan citra yang setiap pikselnya hanya berwarna hitam atau putih. Sehingga, setiap pikselnya hanya memiliki dua nilai, yaitu 1 untuk warna putih dan 0 untuk warna hitam.

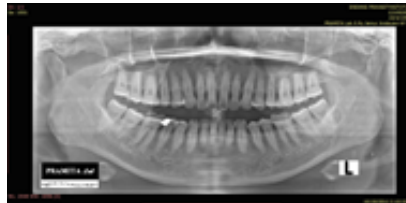
2.4. Dental Panoramic Radiograph (DPR)

Radiografi panoramik merupakan salah satu teknik sinar-X yang digunakan untuk melihat struktur facial gigi dan rahang termasuk tulang maksila dan tulang mandibula beserta struktur pendukungnya (Adyanti, 2018). DPR merupakan hasil potret atau gambar datar dari struktur mulut termasuk gigi dan rahang yang melengkung mirip dengan pelana kuda yaitu daerah rahang sehingga dapat memberikan rincian dari tulang rahang dan gigi. DPR memiliki beberapa keuntungan (Faustina, 2019), yaitu:

1. Memperlihatkan seluruh aspek yang terdapat pada tulang rahang, gigi, dan sebagian rongga hidung.
2. Hasil citra yang diperoleh tidak mengubah anatomi tulang rahang yang sesungguhnya.
3. Radiasi yang diperoleh pasien minimum.
4. Prosedur yang sederhana dan cepat.
5. Dapat meminimalisir terjadinya infeksi
6. Kemungkinan untuk mendeteksi karies, penyakit periodontal

Penting untuk menemukan metode deteksi dini osteoporosis karena apabila sudah terjadi fraktur dapat dikatakan sudah sangat terlambat untuk dilakukan pencegahan serta membutuhkan biaya perawatan yang tidak sedikit dan dapat

berisiko kematian. Salah satu pencegahan yang dapat dilakukan serta tidak membutuhkan biaya yang tinggi yaitu dengan menggunakan Dental Panoramic Radiograph (DPR).



Gambar 2.3 Citra DPR Tulang Normal



Gambar 2.4 Citra DPR Tulang Osteopenia



Gambar 2.5 Citra DPR Tulang Osteoporosis

2.5. Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE adalah teknik peningkatan kontras yang merupakan pengembangan dari HE dan AHE yang tentunya CLAHE ini lebih baik dari HE dan AHE. CLAHE berhasil mengatasi masalah yang dimiliki oleh AHE dengan membatasi over-amplifikasi noise pada gambar dan menghasilkan tampilan gambar yang alami (Zakaria Emran, 2020). CLAHE berbeda dengan AHE karena

CLAHE membatasi kontras, menggunakan nilai maksimum pada clip dan mengembalikannya ke nilai abu-abu (Erwin Ningsih, 2020). Pada CLAHE histogram yang dibuat dari metode ini memberikan nilai batas. Nilai batas tersebut merupakan batas maksimum tinggi dari histogram (Kumbhar Godbole, 2020). Proses perhitungan CLAHE dihitung dengan clip limit batas histogram, dimana clip limit dihitung dengan persamaan berikut (Abood, 2018; Chang et al., 2018; Saifullah, 2020):

$$\beta = \frac{M}{N} \left(1 + \frac{\alpha}{100} (s_{max} - 1) \right)$$

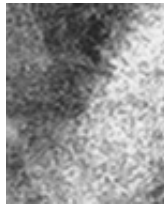
Pada persamaan di atas nilai M merupakan luas region size, N merupakan nilai grayscale, dan α merupakan clip factor sebagai penambahan batas limit dari histogram yang bernilai antara 0-100.

2.6. Region of Interest

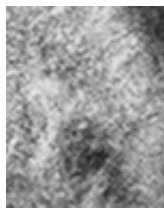
Salah satu bagian penting dalam mendeteksi menggunakan data gambar adalah penggunaan Region of Interest (RoI). RoI dapat mendefinisikan objek tertentu dari wilayah yang diamati (Goyal et al., 2018; Zhang Yang, 2014). Dalam melakukan deteksi osteoporosis, RoI tersegmentasi pada area yang sesuai dengan tulang kortikal, tulang trabekula, dan tulang rawan sendi (Iwaszkiewicz Leszczyński, 2019). Dengan menggunakan RoI, teknik klasifikasi secara mendetail pada area spesifiknya. Hal tersebut yang menjadikan peran penting dalam mendeteksi osteoporosis. Contoh RoI yang digunakan pada DPR dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Citra DPR Asli



Gambar 2.7 Tulang Mandibula Kanan



Gambar 2.8 Tulang Mandibula Kiri

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa RoI membatasi daerah mandibula di bawah gigi. Hasil dari pembatasan RoI akan dipotong berdasarkan tulang mandibula kanan dan kiri. Dengan demikian hasil deteksi akan lebih akurat.

2.7. Gray Level Run Length Matrix (GLRLM)

Karakteristik intrinsik dari suatu citra yang berhubungan dengan ukuran, keteraturan, dan kekasaran adalah tekstur. Dalam citra tekstur dapat diartikan sebagai fungsi dari nilai keabuan. Dalam pendekatan ekstraksi fitur pada tekstur secara luas dibedakan menjadi empat yakni, pendekatan transformasi, model,

struktural, dan statistik (Alaei et al., 2019). Dalam penelitian ini dilakukan penilaian tekstur secara statistik menggunakan GLRLM.

Gray Level Run Length Matrix atau yang biasa disebut GLRLM merupakan proses mengekstraksi fitur menggunakan statistik orde tinggi (Öztürk Akdemir, 2018). Metode ini menggunakan partisi tiga lengkap guna membantu penangkapan fitur lokal pada gambar global (Habibi et al., 2020). Misal G menjadi jumlah piksel dalam gambar. GLRLM adalah matriks dua dimensi dari elemen (GR) di mana setiap elemen $p(i, j|\theta)$ memberikan jumlah total kemunculan lintasan yang memiliki panjang j tingkat keabuan i , dalam arah tertentu θ (Sohail et al., 2011).

2.7.1. SRE (Short Run Emphasis)

Short Run Emphasis (SRE) menunjukkan distribusi short run. SRE menunjukkan berapa banyak tekstur yang terdiri dari short run dalam arah sudut tertentu. Semakin kasar tekstur dari suatu citra maka semakin kecil nilai SRE. Rumus yang digunakan dalam menghitung SRE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$SRE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R \frac{p(i, j|\theta)}{j^2}$$

2.7.2. LRE (Long Run Emphasis)

Long Run Emphasis (LRE) menunjukkan distribusi long run. LRE menunjukkan berapa banyak tekstur yang terdiri dari long run dalam arah sudut tertentu. Semakin besar nilai LRE maka tekstur suatu citra semakin kasar. Rumus yang digunakan dalam menghitung LRE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$LRE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R j^2 p(i, j|\theta)$$

2.7.3. GLN (Gray-Level Non-uniformity)

Gray Level Nonuniformity (GLN) menunjukkan kesamaan nilai piksel pada seluruh citra dalam arah sudut tertentu. Nilai GLN akan semakin kecil apabila nilai tingkat keabuan pada seluruh citra sama. Rumus yang digunakan dalam menghitung GLN ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$GLN = \sum_{i=1}^G \left(\sum_{j=1}^R p(i, j | \theta) \right)^2$$

2.7.4. RLN (Run-Length Non-uniformity)

Run Length Nonuniformity (RLN) menunjukkan kesamaan panjang lintasan pada seluruh citra dalam arah sudut tertentu. Nilai RLN akan semakin kecil jika pada seluruh citra memiliki run length yang sama. Rumus yang digunakan dalam menghitung RLN ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$RLN = \sum_{i=1}^R \left(\sum_{j=1}^G p(i, j | \theta) \right)^2$$

2.7.5. RP (Run Percentage)

Run Percentage (RP) digunakan untuk mengukur kesamaan dan pembagian run pada arah sudut tertentu dari suatu citra. Rumus yang digunakan dalam menghitung RP ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$RP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R p(i, j | \theta)$$

2.7.6. LGRE (Low Gray-Level Run Emphasis)

Low Gray-level Run Emphasis (LGRE) menunjukkan distribusi relatif dari nilai tingkat keabuan yang rendah. Rumus yang digunakan dalam menghitung LGRE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$LGRE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R \frac{p(i, j | \theta)}{i^2}$$

2.7.7. HGRE (High Gray-Level Run Emphasis)

High Gray-level Run Emphasis (HGRE) menunjukkan distribusi relatif dari nilai tingkat keabuan yang tinggi. Rumus yang digunakan dalam menghitung HGRE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$HGRE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R i^2 p(i, j | \theta)$$

2.7.8. SRLGE (Short Run Low Gray-Level Emphasis)

Short Run Low Gray-level Emphasis (SRLGE) menunjukkan distribusi relatif dari short run dan nilai tingkat keabuan yang rendah. Rumus yang digunakan dalam menghitung SLRGE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$SRLGE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R \frac{p(i, j | \theta)}{i^2 j^2}$$

2.7.9. SRHGE (Short Run High Gray-Level Emphasis)

Short Run High Gray-level Emphasis (SRHGE) menunjukkan distribusi relatif dari short run dan nilai tingkat keabuan tinggi. Rumus yang digunakan

dalam menghitung SRHGE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$SRHGE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R \frac{i^2 p(i, j | \theta)}{j^2}$$

2.7.10. LRLGE (Long Run Low Gray-Level Emphasis)

Long Run Low Gray-level Emphasis (LRLGE) menunjukkan distribusi relatif dari Long run dan nilai tingkat keabuan yang rendah. Rumus yang digunakan dalam menghitung LRLGE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$LRLGE = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^R \frac{j^2 p(i, j | \theta)}{i^2}$$

2.7.11. LRHGE (Long Run High Gray-Level Emphasis)

Long Run High Gray-level Emphasis (LRHGE) menunjukkan distribusi relatif dari Long run dan nilai tingkat keabuan yang tinggi. Rumus yang digunakan dalam menghitung LRHGE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$LRHGE = \sum_{i=1}^R \left(\sum_{j=1}^G i^2 j^2 p(i, j | \theta) \right)^2$$

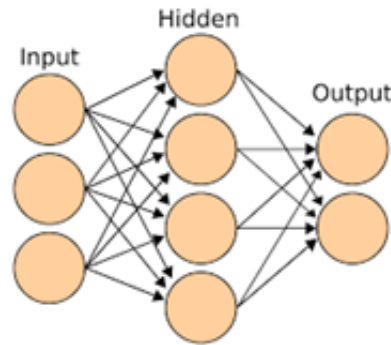
2.8. Backpropagation

Backpropagation adalah salah satu dari jaringan syaraf tiruan (Neural Network) yang merupakan metode pelatihan terawasi (Supervised Learning) dengan jaringan multi-layer dan memiliki fitur khusus untuk meminimalkan kesalahan pada output yang dihasilkan oleh jaringan. Biasanya pada proses klasifikasi Backpropagation pengklasifikasi bekerja dengan melakukan dua tahap perhitungan yaitu perhitungan lanjutan yang akan menghitung kesalahan nilai

(kesalahan) antara nilai output sistem dengan nilai masing-masing dan hitungan mundur untuk memperbaiki pembobotan berdasarkan pada nilai kesalahan (Krisnantoro et al., 2021).

Jaringan syaraf tiruan backpropagation merupakan multilayer feedforward network. Jaringan ini terdiri dari input layer, hidden layer, dan output layer. Sinyal input dipropagasikan ke arah depan forward. Error backpropagation adalah MLPs yang menggunakan prinsip supervised learning. Propagasi balik atau backward terjadi jika jaringan menghasilkan output yang memiliki error (Said et al., 2021).

Perhitungan pada metode Backpropagation terdiri dari tiga tahap, yaitu: tahap pertama adalah feed forward atau yang biasa disebut dengan propagasi maju, pada tahap ini data inputan dihitung bersama dengan bobot yang telah ditentukan hingga mendapatkan output. Tahap kedua adalah backward atau yang biasa disebut dengan propagasi mundur, pada tahap ini menghitung error dari hasil klasifikasi dengan menghitung selisih antara target dan output. Error tersebut digunakan untuk menghitung error pada setiap layer sebelumnya. Tahap ketiga adalah update bobot berdasarkan error yang telah dihitung pada tahap kedua (Rosiani et al., 2021). Backpropagation terbagi menjadi dua proses, yaitu proses training dan testing. Sehingga data yang digunakan dibagi menjadi dua, untuk proses training dan testing. Pada tahap training menggunakan data training untuk memperoleh model optimal.



Gambar 2.9 Arsitektur Backpropagation

Arsitektur Backpropagation dapat diubah dengan menambahkan hidden layer dan jumlah node pada setiap layer. Langkah-langkah proses training menggunakan metode Backpropagation adalah (Krismanoro et al., 2021):

1. Inisialisasi bobot (nilai random)
2. Tahap perambatan maju (forward propagation)
 - (a) Setiap unit input ($x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan tersembunyi.
 - (b) Setiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan bobot sinyal input, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$z_{in k} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij}$$

Dan menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output-nya, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$z_j = f(z_{in j})$$

Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid, kemudian mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit output.

- (c) Setiap unit output ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) menjumlahkan bobot sinyal input, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$y_{ink} = w_{0k} + \sum_{i=1}^n z_i w_{ik}$$

Dan menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output-nya, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$y_k = f(y_{ink})$$

3. Tahap perambatan balik (back propagation)

- (a) Setiap unit output ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) menerima pola target yang sesuai dengan pola input pelatihan, kemudian hitung error, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{ink})$$

f' adalah turunan dari fungsi aktivasi. Kemudian hitung korelasi bobot, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$

Dan menghitung koreksi bias, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k$$

Sekaligus mengirimkan δ_k ke unit-unit yang ada di lapisan paling kanan.

- (b) Setiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan delta input-nya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di kanannya), ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\delta_{inj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk}$$

Untuk menghitung informasi error, kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\delta_j = \delta_{inf} f'(z_{inj})$$

Kemudian hitung koreksi bobot, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i$$

Setelah itu, hitung koreksi bias, ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j$$

4. Tahap perubahan bobot dan bias

- (a) Setiap unit output ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($j = 0, 1, 2, \dots, p$), ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) \Delta w_{jk}$$

Setiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) dilakukakn perubahan bobot dan bias ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij}$$

(b) Tes kondisi berhenti

2.9. Evaluasi Sistem

Confusion matrix merupakan metode untuk mengevaluasi hasil kinerja suatu sistem klasifikasi dengan menginformasikan perbandingan antara kelas prediksi hasil klasifikasi sistem dengan kelas yang sebenarnya (Pi Lima, 2021). Confusion matrix multiclass merupakan confusion matrix untuk n kelas yang dapat dilihat pada tabel di bawah, dimana baris merupakan kelas aktual (sebenarnya) dan kolom merupakan kelas prediksi (hasil klasifikasi sistem).

Evaluasi kinerja kuantitatif dari metode yang diusulkan menggunakan metrik evaluasi seperti accuracy, sensitivity, dan specificity yang dihitung secara statistik dari confusion matrix di mana i adalah kelas ke- i , j adalah baris ke- j , dan k adalah kolom ke- k .

$$TP_{all} = \sum_{j=i}^n x_{jj}$$

$$FN_i = \sum_{j=1 \text{ \& } j \neq i}^n x_{ij}$$

$$FP_i = \sum_{j=1 \text{ \& } j \neq i}^n x_{ji}$$

$$TN_i = \sum_{j=1 \text{ \& } j \neq i}^n \sum_{k=1 \text{ \& } k \neq i}^n x_{jk}$$

$$Akurasi = \frac{TP_{all}}{n_{all}}$$

$$Sensitivitas = \frac{\frac{TP_{all}}{TP_{all}+FN_i}}{n}$$

$$Spesifisitas = \frac{\frac{TN_i}{TN_i+FP_i}}{n}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

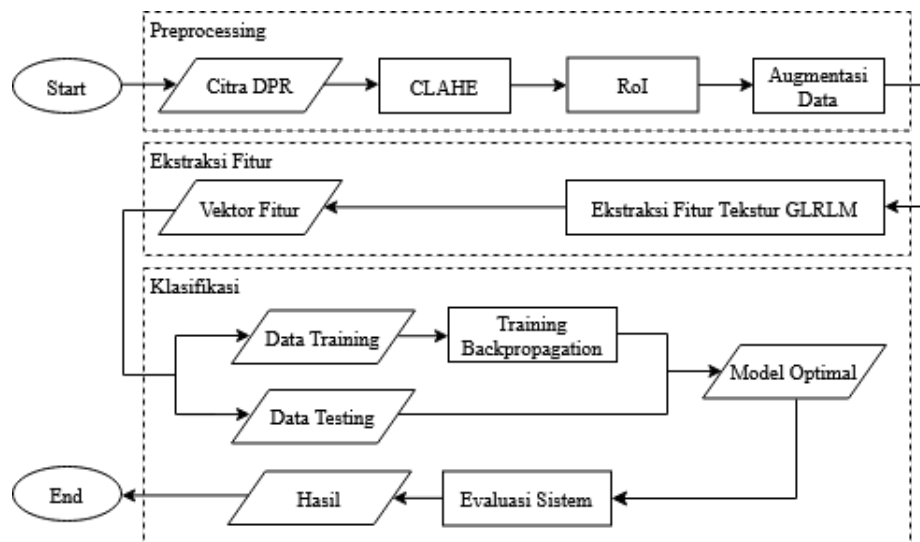
Penelitian tentang analisis citra DPR untuk deteksi osteoporosis menggunakan metode GLRLM-Backpropagation termasuk dalam jenis penelitian terapan yang dilihat dari aspek fungsinya. Hasil klasifikasi ini bertujuan sebagai alternatif deteksi yang tepat dan mempercepat pemeriksaan osteoporosis. Penelitian terapan juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan aplikatif untuk pemecahan masalah tertentu.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data yang digunakan yaitu data citra DPR yang terfokus pada bagian tulang mandibula. Data citra DPR diperoleh dari Laboratorium Klinik Pramita Jl. Raya Jemur Andayani 67 Surabaya. Jumlah data citra DPR sebanyak 98 data dengan rincian, 57 data tulang normal, 26 data tulang osteopenia, dan 15 data tulang osteoporosis. Data ini akan dilihat tingkat kepadatan pada bagian tulang mandibula menggunakan analisis tekstur GLRLM untuk mendapatkan ekstraksi fitur yang nantinya digunakan sebagai input klasifikasi Backpropagation agar mendapat hasil klasifikasi tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis.

3.3. Kerangka Penelitian

Penyelesaian masalah dari penelitian ini dapat dibuat langkah-langkah seperti pada gambar di bawah.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan mengenai proses diagnosis penyakit osteoporosis menggunakan metode Backpropagation adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dimulai
2. Input data citra DPR

Peneliti memperoleh total data sebanyak 98 data citra DPR dalam format bmp berukuran 1976 x 976 pixel yang telah diklasifikasikan oleh ahli ke dalam tiga kelas yaitu normal, osteoporosis, dan osteopenia. Adapun rincian masing-masing jumlah data untuk tiap kelas yaitu 57 data untuk normal, 15 osteoporosis, dan 26 data untuk osteopenia.

3. Melakukan proses perbaikan citra menggunakan CLAHE

Tahap preprocessing dilakukan peningkatan kontras citra dengan menggunakan metode CLAHE (Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization)

4. Melakukan proses ROI

Data tersebut akan melalui proses ROI (Region of Interest) berupa cropping pada tulang mandibular kanan dan kiri, dengan ukuran masing-masing sebesar 80 x 100 pixel. Proses ROI bertujuan agar citra DPR hanya terfokus pada tulang mandibular sehingga hasil yang diperoleh lebih optimal.

5. Melakukan augmentasi data

Data osteoporosis dan osteopenia akan diaugmentasi untuk menyeimbangkan jumlah data dengan menggunakan refleksi dua arah yaitu refleksi sumbu x (horizontal flip) dan refleksi sumbu y (vertical flip). Jumlah data yang dihasilkan setelah proses augmentasi sebanyak 60 data osteoporosis dan 52 data osteopenia, sehingga total data keseluruhan sebanyak 169 data citra DPR.

6. Melakukan analisis tekstur menggunakan GLRLM

Data akan melalui tahap feature extraction untuk memperoleh nilai feature vektornya. Pada penelitian ini texture feature extraction yang digunakan metode GLRLM dengan menggunakan 11 fitur ekstraksi. Texture feature extraction tersebut akan diuji coba dengan menggunakan empat sudut yang berbeda yaitu sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° .

7. Membagi data menjadi data *training* dan data *testing*

Sebelum dilakukan proses klasifikasi data akan dibagi kedalam dua jenis yaitu data training dan data testing dengan menggunakan k-fold cross validation

sebanyak 5.

8. Klasifikasi Backpropagation

Data training akan diproses dengan menggunakan klasifikasi Backpropagation untuk mendapatkan optimum model yang nantinya akan digunakan oleh data testing dalam menentukan klasifikasi osteoporosis, osteopenia, dan normal.

9. Evaluasi sistem

Pada tahap ini pula akan dilakukan proses evaluasi sistem dengan menggunakan confusion matrix multiclass. Pada confusion matrix multiclass terdapat 4 nilai yang diukur yaitu TP, TN, FN, dan FP dengan menggunakan 3 parameter yaitu akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas.

10. Penelitian selesai