IDENTIFIKASI POLA KERAPUHAN TULANG BERDASARKAN FITUR TEKSTUR CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN *GRAY LEVEL RUN LENGTH MATRIX* (GLRLM) DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh

FIRDA DEA FAUSTINA

NIM: H72215029

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2019

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Firda Dea Faustina

NIM : H72215029

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "IDENTIFIKASI POLA KERAPUHAN TULANG BERDASARKAN FITUR TEKSTUR CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN *GRAY LEVEL RUN LENGTH MATRIX* (GLRLM) DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)". 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, 1 Agustus 2019
Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL
8887AAFF919189766
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Firda Dea Faustina
NIM. H72215029

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : Firda Dea Faustina

NIM : H72215029

Judul : Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang Berdasarkan Fitur Tekstur Citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) Menggunakan *Gray Level Run Length Matrix* (GLRLM) dan *Support Vector Machine* (SVM).

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 30 Juli 2019

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom	**Aris Fanani, M.Kom**
NIP. 198511242014032001	NIP. 198701272014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : Firda Dea Faustina

NIM : H72215029

Judul : Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang Berdasarkan Fitur Tekstur Citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) Menggunakan *Gray Level Run Length Matrix* (GLRLM) dan *Support Vector Machine* (SVM).

Telah dipertahankan di depn tim penguji skripsi
Pada hari Rabu Tanggal 31 Juli 2019

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I	Penguji II
Dian Candra Rini N, M.Kom	**Aris Fanani, M.Kom**
NIP. 198511242014032001	NIP. 198701272014031002

Penguji III	Penguji IV
Nurissaidah Ulinnuha, M.Kom	**Wika Dianita Utami, M.Sc**
NIP. 199011022014032004	NIP. 199206102018012003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Evi Purwati, M.Ag.
NIP. 196512211990022001

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : FIRDA DEA FAUSTINA
NIM : H72215029
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/MATEMATIKA
E-mail address : firdadeafaustina@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
IDENTIFIKASI POLA KERAPUHAN TULANG BERDASARKAN FITUR TEKSTUR CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN *GRAY LEVEL RUN LENGTH MATRIX* (GLRLM) DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 Agustus 2019

Penulis

(Firda Dea Faustina)

ABSTRAK

IDENTIFIKASI POLA KERAPUHAN TULANG BERDASARKAN FITUR TEKSTUR CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* (DPR) MENGGUNAKAN *GRAY LEVEL RUN LENGTH MATRIX* (GLRLM) DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

Kesadaran kesehatan tulang di Indonesia masih terbilang kecil dan biasanya akan kelihatan saat memasuki usia tua. Namun untuk mendeteksi kerapuhan tulang tersebut memerlukan alat yang digunakan biayanya mahal, yaitu pemeriksaan DEXA. Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi pola kerapuhan tulang menggunakan citra DPR dengan melihat teksturnya di bagian tulang ramus mandibula. Diteliti pada bagian ramus mandibula karena tekstur kepadatan tulangnya mirip dengan tulang panggul yang biasa digunakan untuk identifikasi kerapuhan tulang. ROI ramus mandibula tersebut dipersiapkan dengan *histogram equalization* untuk diekstraksi fiturnya menggunakan GLRLM dengan lima fitur, yaitu SRE, LRE, GLU, RLU, dan RP. Dengan demikian, citra dapat diklasifikasi pola kerpauhan tulangnya menggunakan SVM untuk mengetahui mana tulang normal atau tulang rapuh, dimana ketika teridentifikasi sebagai tulang rapuh dapat diklasifikasi kembali menjadi osteopenia dan osteoporosis. Hasil yang didapat sangat optimal pada GLRLM dengan sudut orientasi 45° dengan menggunakan kernel *polynomial* pada klasifikasi SVMnya. Didapatkan tingkat akurasi pada hasil klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh sebesar 95.5% dan tingkat akurasi pada hasil klasifikasi tulang rapuh (osteopenia dan osteoporosis) sebesar 81.8%.

Kata kunci: Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang, Osteoporosis, *Gray Level Run Length Matrix*, *Support Vector Machine*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF BONE FRAGEMENT PATTERN BASSED ON DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH (DPR) IMAGE TEXTURE FEATURE USING GRAY LEVEL RUN LENGTH MATRIX (GLRLM) AND SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Bone health awareness in Indonesia is still relatively small and will be seen during the old transition. However, to detect bone fragility requires a tool that is expensive to use, namely DEXA examination. In this study, a bone fragility pattern was tested using the DPR image by looking at its texture in the mandibular ramus bone. Researched on the part of the ramus of the mandible because the bone texture is similar to the pelvic bone which is commonly used for bone fragility bonding. The mandibular ramus ROI is prepared by histogram equalization for features extracted using GLRLM with five features, namely SRE, LRE, GLU, RLU, and RP. Thus, images can be classified with bone fragility patterns using SVM to find out which bones are normal or brittle bones, where compilations identified as brittle bones can be reclassified into osteopenia and osteoporosis. The results obtained are very optimal in GLRLM with an angle of up to 45 ° using the polynomial kernel in the SVM classification. The accuracy of the results of the classification of normal and brittle bones was 95.5% and the accuracy of the results of the classification of brittle bones (osteopenia and osteoporosis) was 81.8%.

Keywords: Identification of Bone Fragility Patterns, Osteoporosis, Gray Level Run Length Matrix, Support Vector Machine

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI ..... **iv**

PERNYATAAN PUBLIKASI ..... **iv**

ABSTRAK ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR TABEL ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

A. Latar Belakang 1

B. Rumusan Masalah 7

C. Tujuan Penelitian 8

D. Batasan Masalah 8

E. Manfaat Penelitian 9

F. Struktur Penelitian 9

BAB II KAJIAN PUSTAKA **11**

A. Osteoporosis 11

1. Faktor Penyebab 13

2. Deteksi Osteoporosis dan Osteopenia 14

B. *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) 15

C. Tulang Mandibula 16

D. Citra Digital 18

E. Pengolahan Citra Digital 20

F. GLRLM (*Gray Level Run Length Matrix*) 22

G. *Support Vector Machine* (SVM) 25

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Model SVM 25
2. Kernel 29
H. Evaluasi Klasifikasi 30
BAB III METODE PENELITIAN 33
A. Jenis Penelitian 33
B. Data dan Sumber Data 33
C. Teknik Analisis Data 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 38
A. Pre-processing 38
B. Ekstraksi Fitur GLRLM 44
C. Klasifikasi SVM 54
BAB V PENUTUP 107
A. Simpulan 107
B. Saran 108
DAFTAR PUSTAKA 110

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel *Confussion Matrix* 31
Tabel 3. 2 Sampel Data Citra DPR 34
Tabel 4. 1 Perhitungan *Histogram Equalization* 43
Tabel 4. 2 *Training Polynomial* Tulang Normal dan Tulang Rapuh 55
Tabel 4. 3 *Testing Polynomial* Tulang Normal dan Tulang Rapuh 58
Tabel 4. 4 *Training Polynomial* Osteopenia dan Osteoporosis 61
Tabel 4. 5 *testing Polynomial* Osteopenia dan Osteoporosis 64
Tabel 4. 6 *Training* Gaussian Tulang Normal dan Tulang Rapuh 68
Tabel 4. 7 *Testing* Gaussian Tulang Normal dan Tulang Rapuh 71
Tabel 4. 8 *Training* Gaussian Osteopenia dan Osteoporosis 74
Tabel 4. 9 *Testing* Gaussian Osteopenia dan Osteoporosis 77
Tabel 4. 10 *Training* RBF Tulang Normal dan Tulang Rapuh 80
Tabel 4. 11 *Testing* RBF Tulang Normal dan Tulang Rapuh 83
Tabel 4. 12 *Training* RBF Osteopenia dan Osteoporosis 87
Tabel 4. 13 *Testing* RBF Osteopenia dan Osteoporosis 90
Tabel 4. 14 *Training* Linear Tulang Normal dan Tulang Rapuh 93
Tabel 4. 15 *Testing* Linear Tulang Normal dan Tulang Rapuh 96
Tabel 4. 16 *Training* Linear Osteopenia dan Osteoporosis 99
Tabel 4. 17 *Testing* Linear Osteopenia dan Osteoporosis 102

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Tulang Normal (kiri) dan Struktur Tulang Osteoporosis (kanan) 12
Gambar 2. 2 Tulang Normal (kiri) dan Tulang Osteoporosis (kanan) 12
Gambar 2. 3 Struktur Tulang Normal (kiri), Tulang Osteopenia (tengah), dan Tulang Osteoporosis (kanan) 13
Gambar 2. 4 *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) 16
Gambar 2. 5 Tulang Mandibula 17
Gambar 2. 6 Anatomi Tulang Mandibula 18
Gambar 2. 7 Citra Warna (kiri), Citra *Grayscale* (tengah), dan Citra Biner (kanan) 20
Gambar 2. 8 *Optimal Hyperplane* pada Dua Dimensi 26
Gambar 2. 9 Variabel *Slack* pada L1 *Soft Margin* SVM 28
Gambar 4. 1 (a) Citra DPR, (b) ROI Tulang Ramus Mandibula Kanan, dan (c) ROI Tulang Ramus Mandibula Kiri 41
Gambar 4. 2 Perbandingan Citra DPR Tulang Ramus Mandibula Asli (kiri) dengan Histogram Equalization (kanan) 44

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penyakit tulang merupakan salah satu penyakit yang lebih banyak diabaikan dan baru terasa di hari tua. Penyakit tulang yang sering didengar adalah osteoporosis. Osteoporosis merupakan penyakit metabolisme tulang yang memiliki ciri-ciri berkurangnya massa tulang, struktur tulang yang menurun, dan tingkat kerapuhan tulang yang meningkat sehingga menyebabkan besarnya tingkat kerusakan tulang (Sennang, Mutmainnah, Pakasi, & Hardjoeno, 2006). Osteoporosis sering dialami oleh orang yang sudah tua. Terdapat beberapa tanda-tanda orang yang terjangkit osteoporosis, diantaranya adalah sering merasa ngilu pada tulang bagian dalam, merasa berat bahkan tidak kuat menopang tubuhnya untuk duduk ataupun berdiri, tidak bisa mengangkat barang berat, dan lain-lain. Hal ini akan terjadi apabila tubuh mengalami kekurangan gizi yang diperlukan oleh tulang.

Osteoporosis memang sering dialami oleh orang tua, namun tidak menutup kemungkinan para remaja juga mengalami hal tersebut. Terdapat salah satu penyakit sebelum terjadinya osteoporosis, yaitu disebut dengan osteopenia. Osteopenia merupakan suatu kondisi jumlah mineral tulang yang lebih rendah dari tulang normal tetapi lebih tinggi dari tulang osteoporosis (Purwanti, Prasetyo, & Nurhidayat, 2015). Penyakit osteopenia sering diabaikan oleh banyak orang karena rasa sakitnya yang tidak terasa secara langsung bahkan tidak terasa sakit.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penelitian Bala dkk, disebutkan bahwa wanita lebih rentan terkena penyakit osteopenia dan osteoporosis dikarenakan faktor gen. Kerapatan tulang pada wanita lebih mudah berkurang, terlebih lagi pada wanita yang sudah menopause (Bala, dkk , 2014).

Pemeriksaan yang dilakukan untuk melihat dan mencegah adanya osteoporosis dan osteopenia harus menggunakan alat khusus karena penyakit tersebut harus dilihat langsung pada bagian tulang karena panca indera manusia tidak memungkinkan untuk melihat secara langsung. Oleh karena itu, deteksi penyakit ini harus menggunakan pemeriksaan radiologis atau sinar X. Namun, pemeriksaan ini memiliki kekurangan, minimal massa tulang berukuran 30% agar dapat dideteksi dengan pemeriksaan ini (Rukmoyo, 2017). Selain pemeriksaan radiologis, terdapat beberapa teknik pemeriksaan yang biasa digunakan untuk mendeteksi adanya osteoporosis, diantaranya adalah OCT (*Osteo Computerized Tomography*), gelombang ultrasonik, SPA (*Single Photon Absorptomer*) dengan menggunakan sinar gamma, DEXA (Dual Energy X-ray Absorptomoetry), dan lain-lain (Rukmoyo, 2017). Namun, lagi-lagi pemeriksaan ini memiliki kekurangan, yaitu biaya yang cukup mahal dan ketersediaan alat-alat yang sangat terbatas di Indonesia.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat alternatif lain yang biayanya lebih dapat dijangkau untuk mendeteksi osteoporosis. Pemeriksaan alternatif tersebut melihat tekstur tulang rahang pada bagian mandibula khususnya pada bagian ramus mandibula untuk dianalisis menggunakan citra X-Ray atau biasa disebut dengan *rontgen* (Roberts, Graham,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

& Devlin, 2013). Cara ini digunakan karena struktur kepadatan pada tulang rahang bagian mandibula dinilai mirip dengan tekstur kepadatan pada tulang punggung atau pinggul yang biasa digunakan pada metode pemeriksaan osteoporosis secara umum. Biaya yang digunakan untuk pemeriksaan osteoporosis dengan *rontgen* gigi yang menghasilkan citra DPR jauh lebih murah dibandingkan pemeriksaan menggunakan peralatan khusus deteksi osteoporosis, yaitu DEXA. Seperti pada penelitian Taguchi dkk dengan judul "*Use of Dental Panoramic Radiographs in Identifying Younger Postmenopausal Women with Osteoporosis*", mengatakan bahwa sudah banyak negara di dunia yang menggunakan citra DPR (*Dental Panoramic Radiograph*) yang dilihat pada bagian mandibula untuk mendeteksi osteoporosis karena lebih jelas dan mudah, dan terbukti pada hasil penelitian tersebut menghasilkan DPR sangat berfungsi untuk melihat kerapatan tulang pada korteks mandibula untuk mendeteksi osteoporosis pada wanita menopause (Taguchi, dkk , 2006).

Penelitian-penelitian mengenai deteksi osteoporosis menggunakan bantuan komputer dengan berbagai metode juga sudah banyak dilakukan. Salah satunya pada penelitian Kavitha dkk dengan judul "*Texture Analysis of Mandibular Cortical Bone on Digital Dental Panoramic Radiographs for the Diagnosis of Osteoporosis in Korean Women*" menggunakan metode FD (*Fractal Diension*) dan GLCM (*Gray Level Co-Ocorance Matrix*) dengan tingkat akurasi 96,8%. Selain itu, Thomas D Faber dkk juga memiliki penelitian dengan judul "*Fourier and Wavelet Analysis of Dental Radiographs Detect Trabecular Changes in Osteoporosis*" meneliti citra DPR pada bagian maksila dan mandibula

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menggunakan metode *fourier* dan *wavelet* dengan hasil akurasi *fourier* lebih baik dibandingkan *wavelet* yaitu sebesar 92% (Faber, Yoon, Service, & White, 2004).

Dilihat dari strukturnya, GLCM memiliki kemiripan dengan salah satu metode yang sama, yaitu GLRLM (*Gray Level Run-Length Matrix*) dengan perbedaan pada penggunaan matriksnya (Galloway, 1975). GLCM menggunakan matriks kookuransi, sedangkan GLRLM menggunakan matriks *run-length*. GLRLM merupakan ekstraksi fitur orde tinggi dengan cara yang lebih mudah (Galloway, 1975).

Pada penelitian Diny, Bambang, dan Yuti yang berjudul "Identifikasi Biometrik Pola Enamel Gigi Menggunakan Metode *Grey Level Run Length Matrix* (GLRLM) dan Klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) sebagai Aplikasi Forensik Kedokteran Gigi Berbasis Matlab" menggunakan metode GLRLM-KNN dengan menggunakan 5 fitur, yaitu SRE (*Short Run Emphasis*), LRE (*Long Run Emphasis*), RLU (*Run Length Uniformity*), GLU (*Grey Level Uniformity*), dan RPC (*Run Percentage*) menghasilkan tingkat akurasi sebesar 84% (Amelia, Hidayat, & Malinda, 2018). Penelitian lainnya yang diteliti oleh Freyssenita, Deni, dan Achmad dengan judul "Analisis *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Region Growing* dalam Deteksi Gejala Kanker Payudara pada Citra Mammogram" menggunakan metode ekstraksi fitur GLRLM memiliki hasil tingkat akurasi sebesar 90% (P, Saepudin, & Rizal, 2014). Selain itu, penelitian oleh Diah dkk dengan judul "Klasifikasi tekstur Parket kayu dengan Menggunakan Metode Statistikal *Grey Level Run Length Matrix*" menggunakan metode GLRLM dengan 5 fitur yang digunakan, yaitu *Short Runs*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Emphasis (SRE), *Long Runs Emphasis* (LRE), *Grey Level Nonuniformity* (GLN), *Run Length Nonuniformity* (RLN), dan *Run Percentage* (RP) menghasilkan nilai *features* delapan data parket bernilai homogen (Alfiani, Puspitodjati, Widodo, & Septiana, 2011).

Banyak penelitian yang menggunakan metode GLRLM hanya menggunakan lima fitur padahal masih ada lagi fitur-fitur lainnya. Seperti pada penelitian oleh Munir dengan judul "Klasifikasi Kekurangan Unsur Hara N, P, K Tanaman Kedelai Berdasarkan Fitur Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan". Pada penelitian tersebut, fitur yang digunakan dalam metode GLRLM ada tujuh fitur, yaitu *Short Runs Emphasis* (SRE), *Long Runs Emphasis* (LRE), *Grey Level uniformity* (GLU), *Run Length uniformity* (RLU), dan *Run Percentage* (RP), *Low Gray Level Run Emphasis* (LGRE), dan *High Grey Level Run Emphasis* (HGRE) (M. S. Munir, 2016). Sama seperti penelitian oleh Ingrid dkk yang berberjudul "*Classifying Cyst and Tumor Lesion Using Support Vector Machine Based on Dental Panoramic Images Texture Features*" menggunakan tujuh fitur yang sama pada klasifikasi penyakit kista dan tumor menggunakan SVM dan membandingkan ekstraksi fitur GLCM dan GLRLM. Penelitian tersebut menghasilkan tingkat akurasi GLRLM sebesar 76,92% lebih baik dibandingkan GLCM sebesar 61,54% (Nurtanio, Astuti, Purnama, Hariadi, & Purnomo, 2013).

Pada penelitian ini, ekstraksi fitur GLRLM menggunakan 5 fitur, yaitu SRE, LRE, GLU, RLU, dan RP. Kelima fitur tersebut digunakan karena lima fitur itulah yang sangat berpengaruh pada pengolahan data. Tidak semua fitur dalam GLRLM berpengaruh baik pada hasil yang dikeluarkan. Bahkan ada fitur yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

apabila digunakan dalam kasus-kasus tertentu akan memberikan hasil yang semakin buruk. Hal tersebut terbukti dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Terdapat banyak metode klasifikasi dengan teknologi *Artificial Intelegent* (AI) atau *Machine Learning* yang dapat digunakan dalam kesehatan atau identifikasi penyakit. Beberapa diantaranya ada metode *backpropagation* pada penelitian Wahyu Widodo dkk yang memprediksi penyakit demam berdarah menggunakan metode *backpropagation* memiliki tingkat akurasi pada proses klasifikasi sebesar 74% dan proses diagnosa sebesar 99% (Widodo, Rachman, & Amelia, 2014). Selain itu penggunaan metode *backpropagation* untuk mengenali suara paru-paru yang digabungkan dengan metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) sebagai metode ekstraksi ciri pada penelitian Fadhilah Syafira dkk memiliki hasil tingkat akurasi pada data *training* sebesar 93,97% dan pada data *testing* sebesar 92,66% (Syafria, Buono, & Silalahi, 2014). Metode klasifikasi lain pada penelitian Mei Lestari menggunakan metode Klasifikasi *Nearest Neighbor* (K-NN) untuk mendeteksi penyakit jantung memperoleh nilai akurasi sebesar 70% (M. Lestari, 2014). Terakhir, ada metode *Support Vector Machine* (SVM) yang digunakan untuk mengklasifikasi penyakit gigi dan mulut pada penelitian Puspitasari dkk memiliki hasil nilai akurasi sebesar 94,442% (Puspitasari, Ratnawati, & Widodo, 2018).

Namun metode klasifikasi yang paling baik adalah SVM, dibuktikan pada penelitian Shiela dan Brodjol dengan judul "Klasifikasi Email Spam dengan Menggunakan Metode *Support Vector Machine* dan K-*Nearest Neighbor*" tentang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

membandingkan metode SVM dengan KNN memiliki hasil tingkat akurasi metode klasifikasi KNN sebesar 92,28% sedangkan tingkat akurasi klasifikasi SVM sebesar 96,6%, maka dapat disimpulkan SVM lebih baik daripada KNN (Pratiwi & Ulama, 2016). Metode SVM terkenal lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan metode klasifikasi lainnya. Dan pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan SVM, yaitu SVM *Multiclass* karena pada permasalahan pada penelitian ini bukan lagi mengklasifikasi dua kelas, namun lebih, yaitu tiga kelas. SVM *Multiclass* memang digunakan untuk klasifikasi yang lebih dari dua kelas dibantu dengan persamaan kernel untuk optimasinya (Prasetyo, 2014).

Berdasarkan berbagai pemaparan latar belakang diatas, maka penelitian ini menggunakan metode GLRLM (*Grey Level Run Length Matrix*) dan SVM (*Support Vector Machine*) pada klasifikasi citra DPR untuk mendeteksi adanya osteoporosis dengan judul "Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang Berdasarkan Fitur Tekstur Citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) Menggunakan *Gray Level Run Length Matrix* (GLRLM) dan *Support Vector Machine* (SVM)"

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana proses *preprocessing* citra DPR menggunakan *Histogram Equalization* dan RoI pada tulang mandibula?
2. Bagaimana proses ekstraksi fitur citra DPR yang telah diperbaiki menggunakan GLRLM?

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Bagaimana hasil akurasi klasifikasi kelas tulang normal dan tulang rapuh(osteopenia dan osteoporosis) menggunakan SVM?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui proses *preprocessing* citra DPR menggunakan *histogram equalization* dan RoI pada tulang mandibula.
2. Untuk mengetahui ekstraksi fitur citra DPR yang telah diperbaiki menggunakan GLRLM.
3. Untuk mengetahui hasil akurasi klasifikasi kelas tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis menggunakan SVM.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data citra DPR diambil dari Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Padjadjaran Bandung sebanyak 87 data.
2. Data citra DPR yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagian RoI pada tulang ramus mandibula.
3. Fitur yang digunakan dalam ekstraksi fitur menggunakan GLRLM berjumlah 7 fitur, yaitu *Short Run Emphasis* (SRE), *Long Run Emphasis* (LRE), *Grey Level Uniformity* (GLU), *Run Length Uniformity* (RLU), *Run Percentage* (RP).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Hasil dari penelitian ini berupa hasil klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh. Setelah itu pada tulang rapuh, diklasifikasi lagi menjadi osteopenia dan osteoporosis menggunakan SVM.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui cara lain pendeteksian osteoporosis menggunakan cara yang lebih terjangkau namun tetap akurat.
2. Menambah pengetahuan tentang penggunaan GLRLM dan SVM.
3. Sebagai literatur penelitian selanjutnya.

F. Struktur Penelitian

Secara garis besar, gambaran menyeluruh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN: berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA: berisi tentang teori-teori penunjang yang digunakan dalam pembahasan.

BAB III METODE PENELITIAN: berisi tentang studi literatur dan metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN: berisi tentang pembahasan dan hasil penelitian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V PENUTUP: simpulan dari pembahasan permasalahan yang ada dan pemecahannya. Serta memuat saran–saran yang berkaitan dengan penelitian selanjutnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

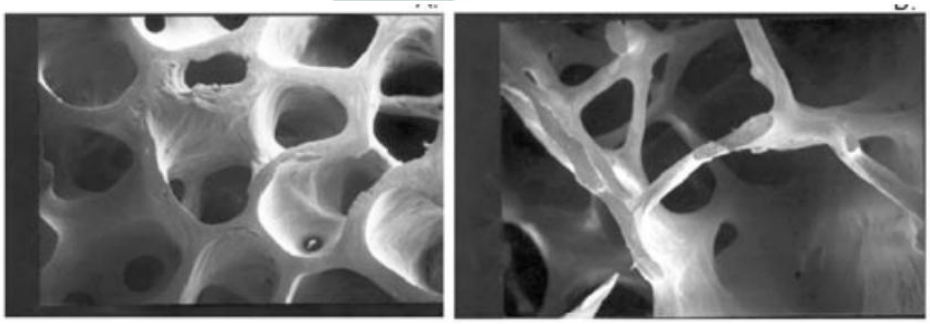
A. Osteoporosis

Tulang merupakan kerangka penyangga tubuh agar tubuh dapat kokoh berdiri dan membentuk struktur tubuh. Tulang juga memiliki fungsi lain, yaitu sebagai pelindung organ-organ tubuh dari benturan dan sebagai tempat menempelnya otot sehingga dapat menyatukan antar tulang, dengan demikian tubuh dapat melakukan aktifitas sesuai dengan kebutuhannya (Kementerian Kesehatan RI, 2015). Tulang memiliki struktur dan massa yang selalu beregenerasi agar semakin kuat dan kokoh. Proses regenerasi struktur tulang dibantu dengan asupan gizi yang memenuhi dan juga olahraga. Ketika pola hidup sehat tersebut tidak terpenuhi, akan terjadi penurunan kesehatan tentunya juga kekuatan tulang. Tulang akan mengalami pengeroposan yang biasa disebut dengan osteoporosis.

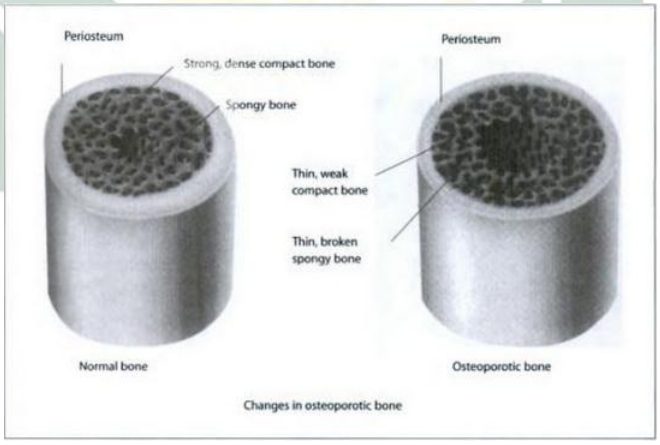
Osteoporosis berasal dari kata Yunani, yaitu *osteo* yang berarti tulang dan *porosis* yang berarti berlubang (Wirakusumah, 2007). Berdasarkan pengertian tersebut, osteoporosis merupakan penyakit tulang yang berlubang atau keropos. Secara lengkap, pengertian osteoporosis menurut kedokteran adalah penyakit metabolisme tulang yang ditandai dengan berkurangnya massa tulang, struktur tulang yang menurun, dan tingkat kerapuhan tulang yang meningkat sehingga menyebabkan besarnya tingkat kerusakan tulang (Sennang, dkk, 2006). Pada dasarnya, tulang terdiri dari beberapa struktur hidup yang didalamnya terdapat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

protein dan mineral, terutama kalsium dan fosfor yang menyebabkan tulang menjadi keras dan padat. Diperlukan beberapa jenis hormon dalam jumlah yang mencukupi untuk mempertahankan kepadatan tulang tersebut, yaitu hormon paratiroid, hormone kalsitonin, esterogen, dan testosteron (Wirakusumah, 2007). Apabila tubuh tidak dapat mengatur metabolisme kandungan gizi tersebut, kepadatan tulang akan berkurang dan mudah rapuh.



Gambar 2. 1 Struktur Tulang Normal (kiri) dan Struktur Tulang Osteoporosis (kanan)
(Lestari dan Widyaningrum, 2017)

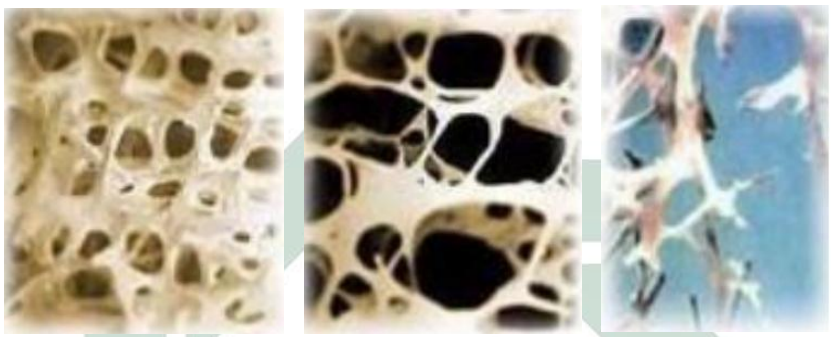


Gambar 2. 2 Tulang Normal (kiri) dan Tulang Osteoporosis (kanan)
(Wirakusumah, 2007)

Terdapat satu penyakit sebelum terjadinya osteoporosis yang dinamakan dengan osteopenia. Osteopenia merupakan suatu kondisi jumlah mineral tulang yang lebih rendah dari tulang normal tetapi lebih tinggi dari tulang osteoporosis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Purwanti et al., 2015). Berbeda dengan osteoporosis yang biasa terjadi pada usia lanjut, osteopenia ini terjadi pada usia remaja dan biasa disepelekan karena tidak terasa secara langsung. Berikut perbedaan struktur tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis.



Gambar 2. 3 Struktur Tulang Normal (kiri), Tulang Osteopenia (tengah), dan Tulang Osteoporosis (kanan)
(Sihombing, Sunarya, & Atmaja, 2014)

1. Faktor Penyebab

Menurut Kementerian Kesehatan RI, faktor penyebab dari osteoporosis dan osteopenia dibagi menjadi dua, yaitu (Kementerian Kesehatan RI, 2015) :

a. Faktor penyebab yang dapat diubah, yaitu :
    1) Aktifitas fisik kurang
    2) Asupan kalsium rendah
    3) Kekurangan protein
    4) Kurang terpapar sinar matahari
    5) Kurang asupan vitamin D
    6) Mengkonsumsi minuman tinggi kafein dan alcohol
    7) Kebiasaan merokok
    8) Rendahnya hormone esterogen

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

9) Meminum beberapa jenis obat (contoh : golongan obat steroid)

b. Faktor penyebab yang tidak dapat diubah.

1) Keturunan

2) Jenis kelamin perempuan

3) Usia

4) Ras Asia dan Kaukasia

5) Menopause

6) Ukuran badan kecil

2. Deteksi Osteoporosis dan Osteopenia

Pada dasarnya, keadaan tulang dapat dilihat dengan pemeriksaan foto sinar X atau radiologis. Hal ini dilakukan karena posisi tulang yang tidak bisa dilihat secara langsung karena dilapisi oleh otot-otot dan kulit. Proses pemeriksaan ini dapat mengetahui keadaan tulang secara aktual seperti mengukur kepadatan tulang. Namun, pemeriksaan radiologis atau sinar X yang biasa disebut dengan *rontgent* memiliki kekurangan, yaitu minimal massa tulang berukuran 30% agar dapat dideteksi dengan pemeriksaan ini (Rukmoyo, 2017).

Cara lain yang dapat dilakukan untuk mendeteksi osteoporosis dan osteoprenia telah ditemukan dan dilakukan di beberapa isntansi kesehatan dengan menggunakan sinar *rontgen* secara khusus seperti QCT (*Quantitative Computerized Tomography*), OCT (*Osteo Computerized Tomography*), gelombang ultrasonic, SPA (*Single Photon Absorptomer*) dengan menggunakan sinar gamma, DPA (*Dual Photon Absorptometry*), DEXA (Dual Energy X-ray Absorptomoetry), atau pemeriksaan *histomorfometri* tulang (Rukmoyo, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Untuk saat ini, DEXA merupakan salah satu metode standar untuk mendeteksi osteoporosis. Hasil dari pemeriksaan tersebut adalah densitas atau kepadatan tulang dimana didalamnya dilihat banyaknya mineral tulang pada area dengan satuan gram per sentimeter kuadrat (g/cm^2) (Azhari, Yudhi, Endang, & Arifin, 2014). Namun, di Indonesia metode-metode pemeriksaan diatas masih terbatas dan memerlukan biaya yang relatif mahal karena ketersediaan alat-alat yang terbatas.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat alternatif lain yang biayanya lebih dapat dijangkau untuk mendeteksi osteoporosis. Pemeriksaan alternatif tersebut melihat tekstur tulang rahang pada bagian mandibula khususnya pada bagian ramus mandibula untuk dianalisis menggunakan citra X-Ray atau biasa disebut dengan *rontgen* (Roberts et al., 2013). Cara ini digunakan karena struktur pada tulang rahang bagian mandibula dinilai mirip dengan tekstur pada tulang punggung atau pinggul yang biasa digunakan pada metode pemeriksaan osteoporosis secara umum.

B. *Dental Panoramic Radiograph* (DPR)

Dental Panoramic Radiograph (DPR) dalam Bahasa Indonesia berarti panoramik radiografi gigi yang disebut juga dengan panorama sinar X. 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 (Indrianie, 2013). DPR sering digunakan oleh dokter gigi untuk bahan diagnosa tindakan selanjutnya karena posisi gigi dapat terlihat dengan jelas.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DPR memiliki beberapa keuntungan (Fitriana, 2014), 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

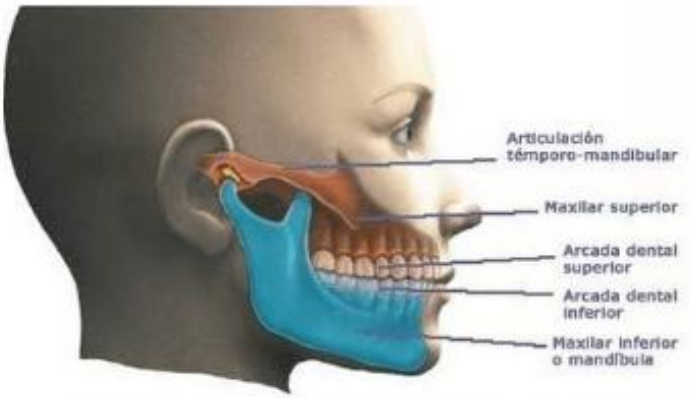
Gambar 2. 4 *Dental Panoramic Radiograph* (DPR)
Departemen Radiologi Kedokteran Gigi Universitas Padjajaran (Azhari dkk, 2014)

C. Tulang Mandibula

Tulang mandibula adalah tulang rahang bawah pembentuk wajah yang paling besar dan kuat sebagai tempat menempelnya gigi (Fitriana, 2014). Tulang ini berbentuk melengkung seperti pelana kuda. Mandibula memiliki banyak peran sebagai pergerakan wajah diantaranya dalam proses pembicaraan, menelan, dan juga dukungan jalan pernafasan. Meskipun tulang mandibula merupakan tulang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang kuat, tetapi tulang ini juga sering mengalami cidera disebabkan posisinya yang menonjol pada tulang wajah. Selain itu tulang ini juga sering menerima tekanan dan benturan yang disengaja maupun tidak disengaja.

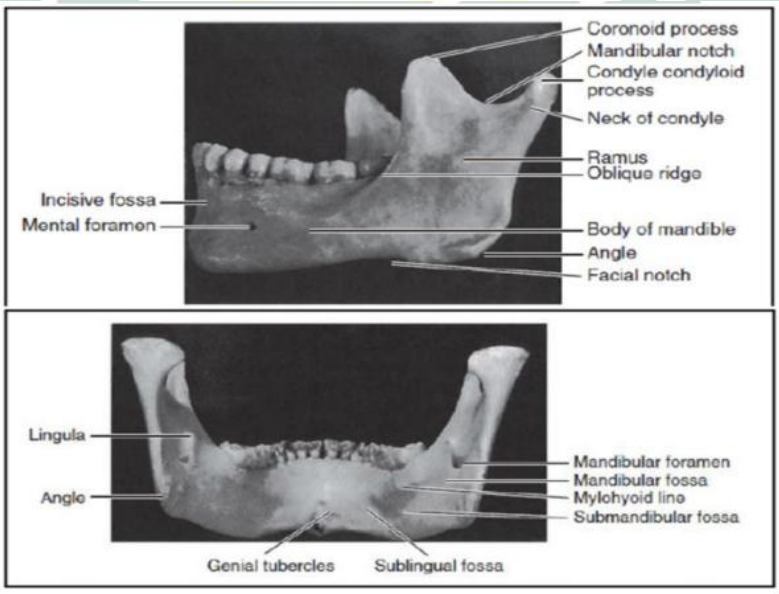


Gambar 2. 5 Tulang Mandibula
(Pendidikan, 2019)

Tulang mandibula dibagi menjadi dua bagian terbesar, yaitu korpus mandibula dan ramus mandibula. Korpus mandibula adalah suatu lengkungan tapal kuda yang membentuk tonjolan yang berada di sebelah depan mandibula. Tonjolan tersebut disebut dengan *prosesus alveolaris*. Bagian tulang tersebut memiliki 16 lubang sebagai tempat gigi. Bagian bawah korpus mandibula memiliki tepi yang lengkung dan halus. Pada daerah tengah korpus mandibula kurang lebih 1 cm dari *simfisis* terdapat *foramen mentalis* yang dilalui *vasa* dan *nervus mentalis*. Permukaan dalam dari korpus mandibula berbentuk cekung dan terdapat *linea milohioidea* yang merupakan *origo maskulus milohioid*. Sedangkan permukaan luar dari korpus mandibular pada garis median, didapatkan tonjolan tulang halus yang disebut *simfisis mentum* yang merupakan tempat pertemuan embriologis dari dua buah tulang (Fidya, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ramus mandibula merupakan sepasang tulang yang berbentuk pipih dan lebar yang mengarah keatas pada bagian belakang dari korpus mandibula. Pada ujung masing-masing ramus didapatkan dua buah benjolan yang disebut *prosesus kondiloideus* dan *prosesus koronoideus*. Terdapat *angulus mandibula* yang terletak antara tepi belakang tulang ramus mandibula dan tepi bawah tulang korpus mandibula. Angulus mandibula terletak subkutan dan mudah diraba pada 2-3 jari dibawah *lobules aurikularis*. Secara keseluruhan, tulang mandibula ini berbentuk seperti pelana kuda yang melebar di belakang, memipih, dan meninggi pada bagian ramus kanan dan kiri sehingga membentuk pilar, ramus membentuk sudut 120° terhadap korpus pada orang dewasa (Fidya, 2018).



Gambar 2. 6 Anatomi Tulang Mandibula
Paramaputri (2014) dalam (Adyanti, 2018)

D. Citra Digital

Menurut kamus Webster, citra merupakan suatu representasi, gambaran, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek yang biasa ditampilkan dalam bentuk dua

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dimensi (Tarigan, Nasution, Suginam, & Karim, 2016). Citra memiliki beberapa sifat sebagai keluaran dari suatu sistem perekaman, diantaranya ada citra optik yang biasa kita lihat berupa foto, citra analog yang biasa kita lihat berupa video seperti pada televisi, dan citra digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik yang dapat diolah oleh komputer (Amin, 2018). Citra digital sendiri merupakan sebuah *array* yang berisi deretan bit tertentu berupa bilangan *real* maupun kompleks (Zainuddin, Sianturi, & Hondro, 2017).

Citra digital memiliki tiga macam jenis, yaitu citra biner, citra *grayscale*, dan citra warna. Citra biner merupakan citra yang tersusun atas dua warna, yaitu hitam (bit 0)dan putih (bit 1) (Fanani & Ulinnuha, 2016). Citra *grayscale* merupakan citra yang tersusun dari warna hitam, putih, dan campuran atas keduanya untuk menunjukkan nilai intensitas dari warna merah, hijau dan biru, dimana setiap pixelnya hanya memiliki satu nilai kanal. Sedangkan citra warna merupakan citra yang tersusun dari 256 warna dengan setiap pixelnya diwakili oleh 8 bit (Tarigan et al., 2016).

Suatu citra dapat direpresentasikan sebagai sebuah fungsi berikut:

$$f(x, y) \tag{2.1}$$

dimana:

x = koordinat posisi lebar citra, dengan $0 \leq x \leq M, M \in \mathbb{Z}$

y = koordinat posisi tinggi citra, dengan $0 \leq x \leq N, N \in \mathbb{Z}$

f = fungsi citra digital intensitas keabuan, dengan $0 \leq f \leq L, L \in \mathbb{Z}$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2. 7 Citra Warna (kiri), Citra *Grayscale* (tengah), dan Citra Biner (kanan)
(Candra Noor Santi, 2011)

E. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan kegiatan tentang bagaimana suatu citra itu dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan suatu informasi yang dapat dipahami oleh manusia (Andono, Sutojo, & Muljono, 2017). Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, pengolahan citra digital tidak hanya dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra namun saat ini sudah dapat mengambil informasi dari suatu citra tersebut. proses pengolahan citra digital dimulai dari pengambilan citra, perbaikan kualitas citra, sampai dengan analisis citra.

Terdapat beberapa teknik pengolahan citra digital yang dibagi menjadi tiga tingkat pengolahan, yaitu (Basuki, 2005):

1. Pengolahan Tingkat Rendah

   Pada tahap ini, pengolahan citra yang dilakukan merupakan pengolahan dasar, seperti pengurangan noise (*noise reduction*), perbaikan citra (*image enhancement*), dan restoraasi citra (*image restoration*).

2. Pengolahan Tingkat Menengah

   Pengolahan pada tahap ini meliputi deskripsi objek, segmentasi pada citra, dan klasifikasi objek secara terpisah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Pengolahan Tingkat Tinggi

Pengolahan ini meliputi analisis citra

Seperti yang akan dilakukan pada pengolahan citra DPR pada penelitian ini. Proses pengolahan citra DPR yang akan dilakukan memiliki tiga tahapan, yaitu *preprocessing*, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Berikut proses pengolahan citra DPR:

1. *Preprocessing* Citra DPR

Citra DPR perlu diperbaiki kualitas citranya karena kualitas citra tersebut masih belum memenuhi standar pengolahan citra digital. Dalam citra DPR, masih banyak *noise* dan intensitas pencahayaan maupun kontras yang kurang memadai. Oleh karena itu, citra DPR memerlukan proses *preprocessing* untuk memperbaiki kualitas citra. Pada tahap ini, dilakukan teknik pengolahan citra tingkat rendah, yaitu *image enhancement* berupa pengontrasan citra *grayscale*.

Image enhancement atau yang disebut dengan perbaikan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas tampilan citra guna untuk mengkonversi citra tersebut agar memiliki format yang lebih baik sehingga lebih mudah diolah dengan mesin. Secara matematis, *image enhancement* diartikan sebagai pengubahan citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$, sehingga ciri-ciri pada citra $f(x, y)$ dapat terlihat lebih menonjol tanpa mengubah kandungan informasi yang ada (R. Munir, 2004).

Proses-proses yang akan dilakukan dalam perbaikan kualitas citra adalah (Sutoyo, 2009):

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Perbaikan kecerahan gambar (*Image Brightness*)

b. Peregangan kontras (*Contrast Stretching*)

c. Perbaikan histogram citra

Terdapat dua metode perbaikan histogram citra, yaitu perataan histogram (*histogram equalization*) dan spesifikasi histogram (*histogram spesification*)

d. Pelembutan citra (*Image Smoothing*)

Terdapat dua metode pelembutan citra, yaitu penapis lolos rendah dan penapis lolos tinggi.

e. Penajaman citra (*Image Sharpening*)

f. Pewarnaan semu

g. Koreksi geometrik

2. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur pada penelitian ini menggunakan *Gray Level Run Length Matrix* (GLRLM) yang akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

3. Klasifikasi

Pada penelitian ini, metode klasifikasi yang digunakan adalan *Support Vector Machine* (SVM) yang akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

F. GLRLM (*Gray Level Run Length Matrix*)

GLRLM dapat dikatakan sebagai ekstraksi fitur orde tinggi. Menurut Galloway, GLRLM lebih baik dibandingkan metode GLCM (*Gray Level Co-Occurrence Matrix*) meskipun metodenya hamper sama namun berbeda pada penggunaan matriksnya, yaitu menggunakan matriks *run-length* (Galloway,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1975). *Run* merupakan istilah yang digunakan untuk menunjukkan suatu urutan arah pencarian piksel yang memiliki nilai intensitas piksel yang sama, yaitu dengan arah pencarian lurus dari piksel asal. Selanjutnya, *run-length* merupakan jarak atau jumlah piksel yang dilewati dari *Pixel of Interest* (PoI) menuju piksel lain dengan nilai intensitas yang sama dalam horizontal maupun vertikal. Metode GLRLM merupakan salah satu cara untuk mendapatkan fitur statistik orde tinggi dengan cara yang lebih mudah.

Nilai statistik *run-length* dapat menunjukkan kekasaran dari suatu tekstur pada arah tertentu. Tekstur yang halus cenderung lebih banyak memiliki *short runs* dengan tingkat keabuan yang mirip, sedangkan tekstur kasar memiliki lebih banyak *long run* dengan intensitas tingkat kabuan yang berbeda signifikan. GLRLM memiliki orientasi sudut arah pencarian piksel yang sama dengan GLCM, yaitu sudut 0°, 45°, 90°, dan 135° (M. S. Munir, 2016).

GLRLM memiliki variabel-variabel yang dapat diekstraksi citra, yaitu (Galloway, 1975):

I = matriks *histogram Equalization*

i = nilai derajat kabuan

j = piksel yang berurutan (*run*)

M = jumlah derajat kabuan pada sebuah gambar

N = jumlah piksel berurutan pada sebuah gambar

$r(j)$ = jumlah piksel berurutan berdasarkan banyak urutannya (*run length*)

$g(i)$ = jumlah piksel berurutan berdasarkan nilai derajat keabuannya

s = jumlah total nilai *run* yang dihasilkan pada arah tertentu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$p(i,j)$ = entri matriks I

n = jumlah baris * jumlah kolom

Variabel-variabel tersebut yang akan digunakan untuk memperoleh nilai fitur-fitur pada GLRLM, diantaranya adalah (Sugandi, 2016):

1. *Short Run Emphasis* (SRE)

   SRE mengukur distribusi dari *short run*, yang didefinisikan sebagai:

   $$SRE = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \frac{p(i,j)/s}{j^2} \quad (2.2)$$

   SRE sangat tergantung pada banyaknya *short run* dan diharapkan bernilai besar pada tekstur halus.

2. *Long Run Emphasis* (LRE)

   LRE mengukur distribusi *long run*, yang didefinisikan sebagai:

   $$LRE = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \frac{j^2 p(i,j)}{s} \quad (2.3)$$

   LRE sangat bergantung pada banyaknya *long run* dan diharapkan bernilai besar pada tekstur kasar.

3. *Grey Level Uniformity* (GLU)

   GLU mengukur persamaan nilai derajat keabuan seluruh citra, yang didefinisikan sebagai:

   $$GLU = \sum_{i=1}^{M} \frac{\left(\sum_{j=1}^{N} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{i=1}^{M} \frac{g(i)^2}{s} \quad (2.4)$$

   GLU diharapkan bernilai kecil jika nilai derajat keabuan serupa diseluruh citra.

4. *Run Length Uniformity* (RLU)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

RLU mengukur persamaan panjangnya *run* diseluruh citra, yang didefinisikan sebagai:

$$RLU = \sum_{j=1}^{N} \frac{\left(\sum_{i=1}^{M} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{j=1}^{N} \frac{r(j)^2}{s} \quad (2.5)$$

RLU diharapkan bernilai kecil jika panjangnya *run* serupa diseluruh citra.

5. *Run Percentage* (RP)

RP mengukur kebersamaan dan distribusi *run* dari sebuah citra pada arah tertentu, yang didefinisikan sebagai:

$$RP = \frac{s}{\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} j \times p(i,j)} \quad (2.6)$$

RP bernilai paling besar jika panjangnya *run* adalah 1 untuk semua derajat keabuan pada arah tertentu.

G. *Support Vector Machine* (SVM)

1. Model SVM

Pada dasarnya SVM merupakan metode untuk melakukan klasifikasi himpunan *vector training* dari dua kelas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \cdots, (x_i, y_i)$, dengan $x \in R_n$, $y \in \{-1,1\}$. Dimana R_n merupakan banyaknya input kelas, dan y merupakan kategori klasifikasi. Terdapat 2 jenis kelas dalam SVM, yaitu dua kelas dan multi kelas. Namun dalam penelitian ini menggunakan jenis 2 kelas.

a. SVM pada dua kelas

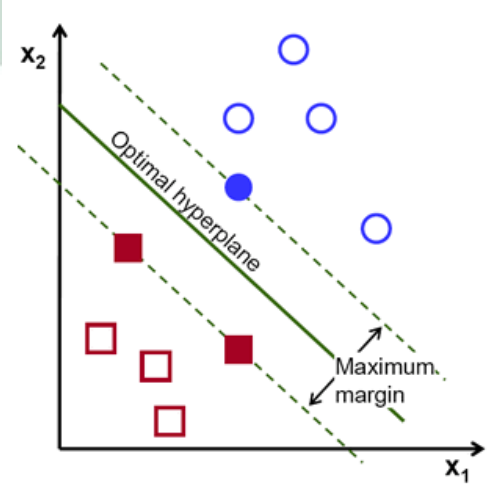
Pada dasarnya SVM dikembangkan untuk masalah klasifikasi dua kelas. Dimana sejumlah data dipisahkan oleh beberapa fungsi pemisah (*hyperplane*). Fungsi pemisah tersebut dipilih berdasarkan *margin* paling optimal diantara fungsi pemisah lainnya, sehingga SVM memiliki kemampuan generalisasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terhadap data *training*. Sedangkan pada masalah klasifikasi dengan data non-linier digunakan kernel *trick* yang dapat memetakan data *training* kedalam *feature vector* yang memiliki dimensi lebih tinggi.

1) ***Hard Margin SVM* pada Data Linear**

Sekumpulan data dikatakan dapat dipisahkan secara linier jika terdapat minimal satu fungsi pemisah yang dapat memisahkan data tersebut menjadi dua kelas yang berbeda. Misal diberikan suatu data *training* yang terdiri dari sekumpulan data $xi, (i = 1, \dots, n)$ dimana n merupakan jumlah data *training*. Data tersebut akan diklasifikasikan kedalam dua kelas {+1,-1}. Pada gambar 2.8 dapat dilihat ada sejumlah fungsi yang dapat memisahkan data tersebut menjadi dua kelas yang berbeda. Dari sejumlah fungsi tersebut akan dipilih fungsi pemisah dengan *margin* paling besar kemudian disebut dengan *optimal hyperplane*. Sehingga SVM dikenal memiliki kemampuan generalisasi yang cukup baik.



Gambar 2. 8 *Optimal Hyperplane* pada Dua Dimensi
(Nugroho, Witarto, & Handoko, 2003)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fungsi pemisah

$$D(x) = w^t xi + b \quad (2.9)$$

Dimana w terdiri dari m dimensi vector, b adalah bias *term*, serta $i = 1, \dots, n$.

Untuk menentukan kelas,

$$D(x) = w^t xi + b > 0, Kelas\ 1 \quad (2.10)$$

$$D(x) = w^t xi + b < 0, Kelas\ 2 \quad (2.11)$$

Dari dua fungsi diatas, dapat diubah menjadi

$$y_i[(wx_i) + b] \geq 1, i = 1, \dots, n \quad (2.12)$$

Sehingga fungsi pemisah optimal didapat dengan mencari nilai *w* dan *b* yang dapat meminimalkan $|w|$. Untuk mendapatkan *hyperplane* terbaik adalah dengan mencari hyperplane yang terletak di tengah-tengan antara dua bidang pembatas kelas dan untuk mendapatkan *hyperplane* terbaik itu, sama dengan memaksimalkan margin atau jarak antara dua set objek dari kelas yang berbeda (Santosa, 2007). Pencarian nilai *w* dapat dilakukan dengan mengubah permasalahan diatas menjadi permasalahan pemrograman kuadratik (*quadratic programming*), dengan mengganti nilai $|w|$ menjadi nilai $\|w\|^2$. Menggunakan *lagrangian variable*, yaitu :

$$Q(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} w^t w - \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \{y_i (w^t xi + b) - 1\} \quad (2.13)$$

$$Q(w, b, \alpha) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{n} \alpha_i\, \alpha_j y_i y_j x_i x_j \quad (2.14)$$

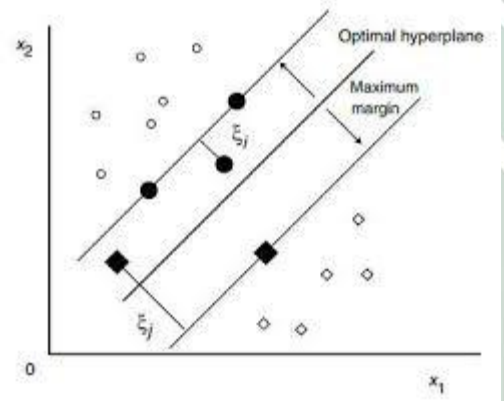
Dengan batasan $\sum_{i=1}^{n} y_i\, \alpha_j = 0$; $\alpha_j \geq 0$; untuk , $i = 1, \dots, n$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2) *L1 Soft Margin* SVM Pada Data Linier

Pada permasalahan ini membantu karena pada permasalahan *hard margin* tidak selalu dapat mengklasfikasikan ke dua kelas ketika diberikan toleransi *noise*. Maka pada permasalahan kuadratik ditambahkan variabel C dan ε_i, yang kemudian disebut dengan *L1 Soft Margin* SVM, sebagai berikut :

$$Q(w, b, \varepsilon) = \frac{1}{2}|w|^2 + C\sum_i^m \varepsilon_i^p \qquad (2.15)$$



Gambar 2. 9 Variabel *Slack* pada L1 *Soft Margin* SVM
(Nugroho et al., 2003)

Dimana ε_i adalah toleransi terhadap *noise* seperti ditunjukkan pada gambar 2.9, dan C adalah variabel kontrol terhadap *error*. Sehingga persamaan bentuk dual dari *L1 Soft Margin* SVM menjadi:

$$Q(a) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2}\sum_{i,j=1}^n \alpha_i\, \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j \qquad (2.16)$$

Dengan batasan $\sum_{i=1}^n y_i \alpha_j = 0$; $C \geq 0$; untuk , $i = 1, \dots, n$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dapat dilihat bahwa perbedaan antara *Hard Margin* SVM dan *L1 Soft Margin* SVM hanya terletak pada nilai C yang merupakan variabel control terhadap *error*. Dimana variabel ε_i akan hilang ketika dilakukan penurunan rumus.

2. Kernel

Metode kernel digunakan untuk data yang bersifat non linear karena tidak semua data dapat dipisahkan secara linear meskipun sudah ditambahi variabel *slack* (Adyanti, 2018). Variabel *slack* merupakan variabel kendala ketika terdapat data yang melenceng dari kelasnya. Pada kehidupan nyata, umumnya masalah-masalah yang terjadi bersifat non linear, oleh sebab itu pada penelitian ini menambah metode kernel pada klasifikasi SVM. Dasar dari kernel adalah memetakan data-data ke ruang baru yang berdimensi lebih tinggi menggunakan fungsi pemetaan $\theta(x)$, maka persamaan metode kernel seperti berikut:

$$K(x_i, x_j) = \theta(x_i).\theta(x_j) \tag{2.17}$$

Terdapat beberapa macam persamaan kernel yang umum dipakai dalam klasifikasi SVM, yaitu (Nugroho et al., 2003):

Kernel Polynomial : $K(x_i, x_j) = (x_i.x_j + 1)^P$ (2.18)

Kernel Gaussian : $K(x_i, x_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2}\right)$ (2.19)

Kernel RBF : $K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right)$ (2.20)

Kernel Linear : $K(x_i, x_j) = x_i.x_j$ (2.21)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan:

$K(x_i, x_j)$ = Fungsi Kernel

x_i, x_j = pasangan dua data dari semua bagian data *training*

$P\ dan\ \sigma$ = konstanta

Beberapa persamaan kernel tersebut akan digunakan pada setiap percobaan untuk menentukan kernel dan parameter kernel yang memberikan hasil akurasi paling baik dalam klasifikasi SVM.

H. Evaluasi Klasifikasi

Evaluasi klasifikasi diperlukan untuk mengetahui berapa besar tingkat akurasi kinerja sebuah sistem klasifikasi yang telah dibentuk. dalam klasifikasi, diharapkan hasil yang didapat dari semua data adalah benar, tetapi hanya sedikit yang mendapatkan hasil kinerja suatu sistem yang mencapai tingkat akurasi 100% benar. Dalam penelitian ini, metode evaluasi klasifikasi yang digunakan adalah *Confusion Matrix*.

Confusion Matrix adalah sebuah metode evaluasi klasifikasi yang menggunakan tabel matriks (Andriani, 2013). Dalam tabel tersebut akan diketahui banyaknya baris data uji yang diprediksi benar dan tidak benar oleh model klasifikasi. *Confussion matrix* berisi informasi aktual atau asli dan informasi prediksi pada sistem klasifikasi. Dengan demikian *confusion matrix* dapat mengukur keefektifan suatu klasifikasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2. 1 Tabel *Confussion Matrix*

		Data Asli	
		+	-
Hasil Klasifikasi	+	TP (True Positive)	FP (False Positive)
	-	FN (False Negative)	TN (True Negative)

(Fridayanthie, 2015)

Keterangan :

TP = Jumlah pasien yang positif/memiliki tulang normal dan hasil klasifikasi menyatakan pasien positif memiliki tulang normal.

FP = Jumlah pasien yang negatif/memiliki tulang rapuh namun hasil klasifikasi menyatakan pasien positif memiliki tulang normal.

FN = Jumlah pasien yang positif/memiliki tulang normal namun hasil klasifikasi menyatakan pasien negatif/memiliki tulang rapuh.

TN = Jumlah pasien yang negatif/tidak memiliki tulang rapuh dan hasil klasifikasi menyatakan pasien negatif/tidak memiliki tulang rapuh.

Dari tabel tersebut, dapat dihitung beberapa macam persamaan model *confusion matrix* untuk melihat tingkat akurasi (Fridayanthie, 2015), yaitu:

1. Akurasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Akurasi merupakan proporsi jumlah prediksi yang benar dengan kondisi pasien yang sebenarnya (hasil positif maupun negatif yang tepat). Berikut persamaan tingkat akurasi:

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2.17)$$

2. *Recall*

Recall merupakan perbandingan proporsi TP (pasien yang positif/memiliki tulang normal) dengan total semua pasien yang positif/memiliki tulag normal. Berikut persamaan tingkat *Recall*:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.18)$$

3. Presisi

Presisi merupakan proporsi TP (pasien yang positif/memiliki tulang normal) dengan total semua prediksi/diagnosa pasien yang positif/memiliki tulang normal. Berikut persamaan tingkat Presisi:

$$Presisi = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.20)$$

4. Spesifisitas

Spesifisitas merupakan perbandingan proporsi TN (Pasien yang positif/memiliki tulang rapuh) dengan total semua pasien yang negatif/memiliki tulang rapuh.

$$Spesifisitas = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.21)$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah terapan. Penelitian ini disebut penelitian terapan karena dilihat dari fungsinya untuk menganalisis citra DPR untuk deteksi osteoporosis menggunakan metode GLRLM-SVM. Penelitian terapan juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan aplikatif untuk pemecahan masalah tertentu. Hasil klasifikasi dari penelitian ini bertujuan untuk menjadi alternatif deteksi osteoporosis yang tepat dan cepat.

B. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data citra DPR yang terfokus pada bagian tulang ramus mandibula. Data citra DPR didapatkan dari Radiologi Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Padjajaran Bandung. Jumlah data citra DPR sebanyak 87 data dengan rincian, 51 data tulang normal, 24 data tulang osteopenia, dan 12 data tulang osteoporosis. Data ini akan dilihat tingkat kepadatan pada bagian tulang ramus mandibula menggunakan analisis tekstur GLRLM untuk mendapatkan ekstraksi fitur yang nantinya digunakan sebagai input klasifikasi SVM agar mendapat hasil klasifikasi tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis.

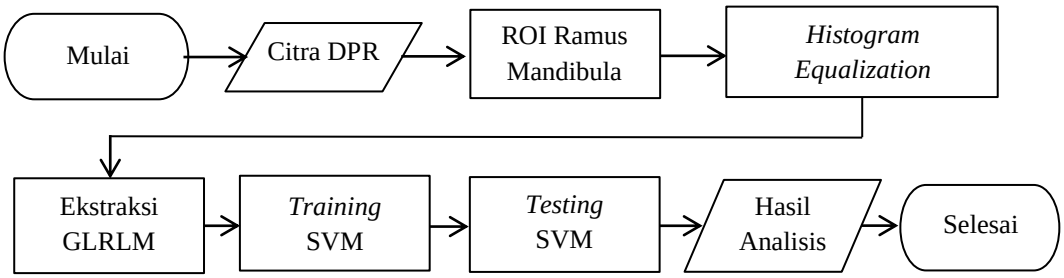
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 3. 2 Sampel Data Citra DPR

No	Gambar	Keterangan
1		Tulang Normal
2		Osteopenia
3		Osteoporosis

C. Teknik Analisis Data

Diagram alir penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan diagram alir diatas adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dimulai
2. Input data citra DPR
3. Melakukan proses ROI, yaitu pemotongan gambar sesuai dengan bagian yang dibutuhkan, yaitu pada tulang ramus mandibula.
4. Proses perbaikan citra menggunakan *image enhancement* dengan metode *Histogram Equalization*. Pada tahap ini, citra dengan Persamaan (2.1) akan diubah menjadi $f'(x, y)$, sehingga ciri-ciri pada citra Persamaan (2.1) terlihat lebih menonjol tanpa mengubah karakteristiknya.
5. Melakukan analisis tekstur menggunakan GLRLM untuk mendapatkan ekstraksi fitur, yaitu *Short Runs Emphasis* (SRE) menggunakan Persamaan (2.2), *Long Runs Emphasis* (LRE) menggunakan Persamaan (2.3), *Grey Level uniformity* (GLU) menggunakan Persamaan (2.4), *Run Length uniformity* (RLU) menggunakan Persamaan (2.5), dan *Run Percentage* (RP) menggunakan Persamaan (2.6).
6. Membagi data yang diperoleh dari ekstraksi fitur GLRM menjadi dua, yaitu data *training* dan data *testing.* Data sebanyak 87 data dengan pembagian 51 data tulang normal, 24 tulang osteopenia, dan 12 tulang osteoporosis. Ke 87 data tersebut dibagi menjadi data *training* sebanyak 75% dan data *testing* sebanyak 25% pada klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh. Pembagian tersebut dijabarkan menjadi data *training* sebanyak 75% berjumlah 65 data dengan sebaran 38 data tulang normal dan 27 data tulang rapuh (16

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

osteopenia dan 11 osteoporosis) dan data *testing* berjumlah 22 data dengan sebaran 13 data tulang normal dan 9 data tulang rapuh (8 tulang osteopenia dan 1 tulang osteoporosis). Setelah itu, data tulang rapuh sebanyak 36 data (24 osteopenia dan 12 osteoporosis) dibagi lagi menjadi data *training* sebanyak 70% dan data *testing* sebanyak 30% untuk klasifikasi tulang rapuh, yaitu osteopenia dan osteoporosis. Pembagian data tulang rapuh tersebut menjadi data *training* berjumlah 25 data dengan sebaran 17 data osteopenia dan 8 data osteoporosis sedangkan data *testing* berjumlah 11 data dengan sebaran 7 data osteopenia dan 4 data osteoporosis.

7. Klasifikasi SVM dilakukan dua kali agar dapat menghasilkan hasil klasifikasi yang sesuai. Hal ini dilakukan karena untuk menghindari kesalahan dalam klasifikasi dimana data yang didapat tidak seimbang antara tulang normal dan tulang rapuh yang disebut dengan *inbalance dataset*. Klasifikasi pertama dilakukan untuk mengklasifikasi tulang normal dan tulang rapuh dengan data *training* tulang normal dan tulang rapuh. Setelah itu, model yang didapatkan digunakan untuk menguji klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh pada data *testing* untuk tulang normal dan tulang rapuh. Selanjutnya klasifikasi kedua, yaitu pada klasifikasi tulang rapuh itu sendiri (osteopenia dan osteoporosis). Data *training* osteopenia dan osteoporosis diklasifikasi menggunaan metode SVM. Hasil klasifikasi ini akan berupa persamaan model klasifikasi SVM oateopenia dan osteoporosis.
8. Model yang telah didapatkan akan diuji dengan menggunakan data *testing*. Terdapat dua model yang didapatkan, yaitu model pertama adalah dari hasil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh. Sedangkan model kedua adalah hasil klasifikasi osteopenia dan osteoporosis. Dari tahap ini, akan didapat model klasifikasi SVM yang optimum dari sudut orientasi terbaik GLRLM dan SVM.

9. Menentukan hasil klasifikasi yang pada penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu tulang normal, tulang osteopenia, dan tulang osteoporosis. Hasil tersebut sesuai dengan proses dua klasifikasi. Klasifikasi pertama menghasilkan tulang normal dan tulang rapuh. Apabila terklasifikasi tulang rapuh, maka masuk pada klasifikasi kedua yang menghasilkan osteopenia dan osteoporosis.
10. Mengevaluasi hasil klasifikasi menggunakan *confussion matrix* untuk mengetahui tingkat akurasi klasifikasi tersebut menggunakan Persamaan (2.17).
11. Penelitian selesai.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pre-processing

Tahap ini berguna untuk mempersiapkan data yang akan digunakan untuk diproses dan dianalisis. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) yang terfokus pada bagian ramus mandibula seperti yang telah dijelaskan pada Bab II Sub Bab C. Citra DPR tidak hanya menampilkan bagian tulang mandibula saja, namun semua bagian yang ada didalam rongga mulut dan sebagian rongga hidung. Diantaranya ada tulang mandibula, tulang maksila, gigi, dan sebagian rongga hidung.

Tulang mandibula digunakan dalam penelitian identifikasi pola kerapuhan tulang karena memiliki struktur tulang yang sama dengan bagian tulang yang biasa dilihat untuk deteksi osteoporosis, yaitu tulang panggul. Tulang mandibula, khususnya pada bagian ramus mandibula merupakan tulang yang lebar, kasar, tajam, dan lebih rentan mengalami fraktur tulang. Pada penelitian ini, analisis tulang ramus mandibula diukur dalam dua bagian, yaitu ramus mandibula bagian kanan dan ramus mandibula bagian kiri. Hal ini dilakukan karena sesuai pada literatur-literatur yang telah melakukan penelitian serupa bahwa penggunaan kedua bagian tulang ramus mandibula dapat mendeteksi perubahan kualitas kerapatan mineral tulang 94% lebih baik daripada hanya satu bagian saja ataupun pada bagian lain.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Setelah menentukan data bagian citra DPR yang akan diproses dan dianalisis, langkah selanjutnya adalah memproses data tersebut dengan mengawali melakukan *pre-processing* untuk memperbaiki kualitas citra agar dapat diolah dengan optimal. *Pre-processing* yang dilakukan pada tahap ini adalah pemotongan citra atau *Region of Image* (ROI) dan *image enhancement*. Proses *Image Enhancement* berupa mengubah warna citra yang masih RGB menjadi *grayscale* dan dikontraskan menggunakan *histogram equalization*.

1. *Region of Interest* (ROI)

   Citra DPR awal memiliki ukuran 1976 x 976 piksel dengan format bitmap (.bmp) sebanyak 87 data. Format citra bitmap (.bmp) merupakan format gambar yang umum digunakan dan cukup bagus untuk pengolahan citra. Data awal ini akan dilakukan ROI berupa *cropping* pada tulang ramus mandibula dengan ukuran 120 x 90 piksel pada bagian kanan dan kiri. *Cropping* citra ini berguna untuk memfokuskan penelitian agar lebih mudah untuk mengenali tulang ramus mandibula dan mempermudah proses ekstraksi fitur.

   Fungsi *cropping* yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

   H1 = imcrop(*gambar);* dimana *H1* merupakan hasil potongan tulang ramus mandibula bagian kanan. *imcrop* merupakan *function* untuk memotong gambar sesuai dengan yang diinginkan. Baik ukuran maupun letaknya dapat diatur sendiri. *gambar* merupakan variabel input citra DPR yang akan dipotong. Hal ini dilakukan karena citra DPR yang didapat memiliki letak ramus mandibula yang berbeda-beda, maka pengambilan citra ramus mandibula harus disesuaikan agar tepat sasaran. Letak tulang ramus mandibula yang bermacam-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

macam terjadi karena posisi setiap orang saat pengambilan foto citra DPR berbeda-beda dan juga ukuran tulang rahang masing-masing orang juga berbeda-beda. Hal ini juga dilakukan pada tulang ramus mandibula bagian kiri, dengan fungsi:

H2 = imcrop(*gambar);* dimana *H2* merupakan hasil potongan tulang ramus mandibula bagian kiri.

Selanjutnya, untuk menyeragamkan ukuran hasil *cropping*, dilakukan pemotongan kembali dengan ukuran yang lebih kecil dengan koordinat dan ukuran yang telah ditentukan pada masing-masing sisi, yaitu dengan menggunakan fungsi:

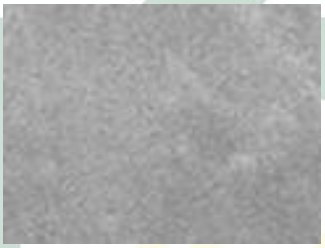
crop1 = imcrop(*H1*, [18 14 120 90]); dimana *crop1* merupakan hasil potongan gambar *H1*. *Imcrop* merupakan *function* untuk memotong gambar. *H1* merupakan hasil potongan tulang ramus mandibula kanan. [18 14] merupakan koordinat titik *x,y* sebagai titik acuan awal potongan citra. Sedangkan [120 90] merupakan hasil ukuran citra yang akan dipotong, yaitu berukuran 120 x 90 piksel. Begitu pula dengan potongan tulang ramus mandibular bagian kiri, potongan lebih kecil tersebut mengggunakan fungsi:

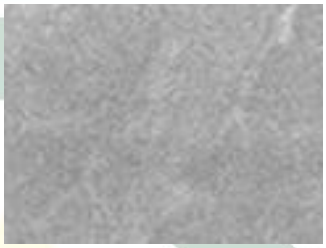
crop2 = imcrop(*H1*, [1 15 120 90]); dimana *crop2* merupakan hasil potongan gambar *H2*. *Imcrop* merupakan *function* untuk memotong gambar. *H2* merupakan hasil potongan tulang ramus mandibula kanan. [1 15] merupakan koordinat titik *x,y* sebagai titik acuan awal potongan citra. Sedangkan [120 90] merupakan hasil ukuran citra yang akan dipotong, yaitu berukuran 120 x 90 piksel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut salah satu hasil *crop* tulang ramus mandibula

(a)





(b) **(c)**

Gambar 4. 1 (a) Citra DPR, (b) ROI Tulang Ramus Mandibula Kanan, dan (c) ROI Tulang Ramus Mandibula Kiri

2. *Histogram Equalization* (HE)

Histogram Equalization berfungsi untuk menonjolkan ciri citra yang sebenarnya tanpa mengubah karakteristiknya. HE diperlukan dalam *pre-processing* citra DPR pada penelitian ini karena dibutuhkan hasil histogram citra yang merata. Apabila sebuah citra memiliki hasil histogram yang merata, maka dalam citra tersebut akan memiliki jumlah *pixel* yang seragam pada setiap derajat keabuannya. Hal tersebut yang akan digunakan dalam proses ekstraksi fitur selanjutnya. Berikut salah satu perhitungan matrix yang merepresentasikan citra asli menjadi citra yang telah dilakukan *histogram equalization*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$I = \begin{bmatrix} 173 & 180 & 175 & \cdots & 226 & 232 & 243 \\ 174 & 172 & 180 & \cdots & 221 & 188 & 147 \\ 170 & 175 & 182 & \cdots & 245 & 232 & 188 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 155 & 158 & 160 & \cdots & 141 & 150 & 163 \\ 152 & 163 & 164 & \cdots & 138 & 139 & 159 \\ 153 & 157 & 160 & \cdots & 141 & 143 & 148 \end{bmatrix}$$

Dimana I adalah matriks citra awal, yaitu citra tulang ramus mandibula yang telah dipotong dengan ukuran 120 x 90 piksel, yaitu 120 sebagai banyaknya kolom dan 90 sebagai banyaknya baris. Citra I juga telah melalui proses RGB, yaitu mengubah citra yang berdimensi 3 menjadi berdimensi 2. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses *pre-processing* khususnya persiapan proses *histogram equalization*.

Matriks I diproses menjadi I' yaitu matriks hasil *histogram equalization* dengan persamaan:

$$S_k = round \sum_{i=0}^{k} \frac{DK}{n}$$

Dimana:

i = derajat keabuan *grayscale* 0-255

n = jumlah piksel dalam citra

k = derajat keabuan tertinggi dalam citra

n_i = frekuensi derajat keabuan ke- i

DK = $\sum_{i=0}^{k} n_i$ = Distribusi Komulatif / Jumlah piksel dengan derajat keabuan ke- i dengan piksel ke- $i + 1$

S = $\frac{DK}{n}$ = Probabilitas derajat keabuan ke- i

Round = pembulatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Maka contoh perhitungan matriks I menjadi I' adalah:

Tabel 4. 1 Perhitungan *Histogram Equalization*

i	n_i	DK	S	S. k	round(S. k)
170	398	8890	0.807374444	205.8805	206
171	360	9250	0.840069022	214.2176	214
172	298	9548	0.867132867	221.1189	221
173	226	9774	0.887657797	226.3527	226
174	232	10006	0.908727636	231.7255	232
175	195	10201	0.926437199	236.2415	236
176	150	10351	0.94005994	239.7153	240
177	128	10479	0.951684679	242.6796	243
178	119	10598	0.962492053	245.4355	245
179	69	10667	0.968758514	247.0334	247
180	63	10730	0.974480065	248.4924	248
181	76	10806	0.981382254	250.2525	250
182	41	10847	0.985105803	251.202	251

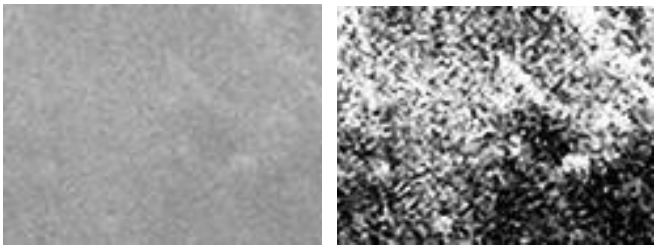
Dari perhitungan diatas, maka hasil matriks I' adalah:

$$I' = \begin{bmatrix} 226 & 248 & 236 & \cdots & 226 & 232 & 243 \\ 232 & 221 & 248 & \cdots & 221 & 188 & 147 \\ 206 & 236 & 251 & \cdots & 245 & 232 & 188 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 56 & 83 & 104 & \cdots & 2 & 23 & 135 \\ 33 & 135 & 147 & \cdots & 0 & 1 & 93 \\ 41 & 74 & 104 & \cdots & 2 & 4 & 14 \end{bmatrix}$$

Berikut fungsi *histogram equalization*:

`I_crop = histeq(I2);` dimana I_crop adalah hasil citra *histogram equalization*, histeq adalah *function histogram equalization* dalam Matlab, dan I2 adalah citra *grayscale* DPR. Hal ini dilakukan di semua citra DPR pada bagian tulang ramus mandibula kanan dan kiri. Berikut salah satu perbedaan citra DPR asli dengan citra DPR yang telah di proses *histogram equalization* pada bagian tulang ramus mandibula kanan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 2 Perbandingan Citra DPR Tulang Ramus Mandibula Asli (kiri) dengan Histogram Equalization (kanan)

B. Ekstraksi Fitur GLRLM

Setelah melalui proses *pre-processing*, citra telah siap untuk di lakukan ekstraksi fitur. Setiap citra memiliki fitur yang berisi informasi khusus yang tidak dapat dianalisa secara langsung. Diperlukan ekstraksi fitur untuk menentukan karakteristik dari citra tersebut agar dapat melakukan klasifikasi. Pada penelitian ini, citra yang akan dilakukan ekstraksi fitur terfokus pada citra DPR tulang ramus mandibula bagian kanan dan kiri dengan ukuran 120 x 90 piksel. Citra tersebut akan di ekstraksi fiturnya menggunakan metode GLRLM (*Gray Level Run-Length Matrix*).

GLRLM merupakan metode ekstraksi fitur orde tinggi dengan menggunakan matriks *run-length*. GLRLM dikenal sebagai metode ekstraksi fitur yang mirip dengan *Gray Level Co-ocurance Matrix* (GLCM) dengan cara yang lebih mudah. Matriks *run-length* didapat dari perhitungan matriks citra awal dengan melihat derajat keabuan pada setiap pikselnya pada sudut orientasi 0°, 45°, 90°, dan 135°. Terdapat 5 fitur yang digunakan dalam ekstraksi fitur GLRLM ini, yaitu SRE menggunakan Persamaan (2.2), LRE menggunakan Persamaan (2.3), GLU manggunakan Persamaan (2.4), RLU menggunakan Persamaan (2.5), dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

RP menggunakan Persamaan (2.6). Berikut merupakan langkah-langkah mengekstraksi fitur citra DPR ROI ramus mandibula menggunakan GLRLM:

1. Membentuk Matriks *Run-Length*

Setelah mendapat citra yang telah di persiapkan pada *preprocessing* melalui ROI pada tulang ramus mandibula dan *histogram equalization*, maka selanjutnya akan dicari matriks *run-length*nya.

$$I' = \begin{bmatrix} 226 & 248 & 236 & \cdots & 226 & 232 & 243 \\ 232 & 221 & 248 & \cdots & 221 & 188 & 147 \\ 206 & 236 & 251 & \cdots & 245 & 232 & 188 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 56 & 83 & 104 & \cdots & 2 & 23 & 135 \\ 33 & 135 & 147 & \cdots & 0 & 1 & 93 \\ 41 & 74 & 104 & \cdots & 2 & 4 & 14 \end{bmatrix}$$

Dari matriks tersebut, dilihat hubungan spasial antar piksel sesuai dengan sudut orientasinya. Maksud dari hubungan spasial antar pikselnya adalah bilangan yang memiliki ketetanggaan yang sama dengan sebelahnya sesuai dengan arah sudut orientasinya. Misalkan sudut orientasinya 0°, maka yang dilihat adalah bilangan kembar dengan arah ke kanan. Setelah itu dilihat sesuai dengan jumlah bilangan tersebut, itulah yang dinamakan dengan *run-length. Run-length* tersebut menjadi kolom pada matriks dan piksel *gray level* menjadi baris pada matriks sesuai dengan piksel yang ada pada matriks yang akan di proses ekstraksi fitur GLRLM. Berikut proses dan hasil matriks *run-length* 0°, 45°, 90°, dan 135°.

a. Hasil matriks *run-length* dan ekstraksi fitur 0°.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$I' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan hasil 5 fitur GLRLM 0°:

$$SRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)/s}{j^2}$$

$$= \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)}{j^2} \times \frac{1}{s}$$

$$= \left[\left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \right.$$

$$\left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \cdots + \left(\frac{301}{1^2} + \frac{10}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) +$$

$$\left. \cdots + \left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right)\right] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 0.00016013$$

$$LRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{j^2 p(i,j)}{s}$$

$$= \{[(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$[(1^2 \times 0) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] + \cdots +$$

$$[(1^2 \times 301) + (2^2 \times 10) + (3^2 \times 1) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$\cdots + [(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)]\} \times$$

$$\frac{1}{59290}$$

$$= 15956$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$GLU = \sum_{i=1}^{M} \frac{\left(\sum_{j=1}^{N} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{i=1}^{M} \frac{g(i)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+\cdots+0)^2 + (0+0+0+\cdots+0)^2 +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2 + \cdots + (301+10+1+\cdots+0)^2 +$$

$$\cdots + (1+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 19724$$

$$RLU = \sum_{j=1}^{N} \frac{(\sum_{i=1}^{M} p(i,j))^2}{s} = \sum_{j=1}^{N} \frac{r(j)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+1+\cdots+301+0+293+\cdots+1)^2 +$$

$$(0+0+0+0+\cdots+10+0+12+\cdots+0)^2 + \cdots +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 216.1921$$

$$RP = \frac{s}{\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} j \times p(i,j)}$$

$$= 59290 \times 1/\{[(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + [(1\times 0) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 301) + (2\times 10) + (3\times 1) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)]\}$$

$$= 0.3577$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Hasil matriks *run-length* dan ekstraksi fitur 45°.

$$I' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan hasil 5 fitur GLRLM 45°:

$$SRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)/s}{j^2}$$

$$= \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)}{j^2} \times \frac{1}{s}$$

$$= \left[\left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \right.$$

$$\left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \cdots + \left(\frac{318}{1^2} + \frac{5}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) +$$

$$\left. \cdots + \left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right)\right] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 0.00015911$$

$$LRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{j^2 p(i,j)}{s}$$

$$= \{[(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$[(1^2 \times 0) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] + \cdots +$$

$$[(1^2 \times 318) + (2^2 \times 5) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$\cdots + [(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)]\} \times$$

$$\frac{1}{59290}$$

$$= 15939$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$GLU = \sum_{i=1}^{M} \frac{\left(\sum_{j=1}^{N} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{i=1}^{M} \frac{g(i)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+\cdots+0)^2 + (0+0+0+\cdots+0)^2 +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2 + \cdots + (318+5+0+\cdots+0)^2 +$$

$$\cdots + (1+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 20860$$

$$RLU = \sum_{j=1}^{N} \frac{(\sum_{i=1}^{M} p(i,j))^2}{s} = \sum_{j=1}^{N} \frac{r(j)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+1+\cdots+318+0+309+\cdots+1)^2 +$$

$$(0+0+0+0+\cdots+5+0+4+\cdots+0)^2 + \cdots +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 220.7267$$

$$RP = \frac{s}{\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} j \times p(i,j)}$$

$$= 59290 \times 1/\{[(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + [(1\times 0) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 318) + (2\times 5) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)]\}$$

$$= 0.9698$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Hasil matriks *run-length* dan ekstraksi fitur 90°

$$I' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan hasil 5 fitur GLRLM 90°:

$$SRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)/s}{j^2}$$

$$= \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)}{j^2} \times \frac{1}{s}$$

$$= \left[\left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \right.$$

$$\left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \cdots + \left(\frac{314}{1^2} + \frac{7}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) +$$

$$\left. \cdots + \left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right)\right] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 0.00015939$$

$$LRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{j^2 p(i,j)}{s}$$

$$= \{[(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$[(1^2 \times 0) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] + \cdots +$$

$$[(1^2 \times 314) + (2^2 \times 7) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$\cdots + [(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)]\} \times$$

$$\frac{1}{59290}$$

$$= 15931$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$GLU = \sum_{i=1}^{M} \frac{\left(\sum_{j=1}^{N} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{i=1}^{M} \frac{g(i)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+\cdots+0)^2 + (0+0+0+\cdots+0)^2 +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2 + \cdots + (314+7+0+\cdots+0)^2 +$$

$$\cdots + (1+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 20274$$

$$RLU = \sum_{j=1}^{N} \frac{(\sum_{i=1}^{M} p(i,j))^2}{s} = \sum_{j=1}^{N} \frac{r(j)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+1+\cdots+314+0+307+\cdots+1)^2 +$$

$$(0+0+0+0+\cdots+7+0+5+\cdots+0)^2 + \cdots +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 218.8458$$

$$RP = \frac{s}{\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} j \times p(i,j)}$$

$$= 59290 \times 1/\{[(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + [(1\times 0) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 314) + (2\times 7) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)]\}$$

$$= 0.9607$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Hasil matriks *run-length* dan ekstraksi fitur 135°

$$I' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan hasil 5 fitur GLRLM 135°:

$$SRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)/s}{j^2}$$

$$= \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{p(i,j)}{j^2} \times \frac{1}{s}$$

$$= \left[\left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \right.$$

$$\left(\frac{0}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) + \cdots + \left(\frac{318}{1^2} + \frac{5}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right) +$$

$$\left. \cdots + \left(\frac{1}{1^2} + \frac{0}{2^2} + \frac{0}{3^2} + \cdots + \frac{0}{242^2}\right)\right] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 0.00015894$$

$$LRE = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\frac{j^2 p(i,j)}{s}$$

$$= \{[(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$[(1^2 \times 0) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] + \cdots +$$

$$[(1^2 \times 318) + (2^2 \times 5) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)] +$$

$$\cdots + [(1^2 \times 1) + (2^2 \times 0) + (3^2 \times 0) + \cdots + (242^2 \times 0)]\} \times$$

$$\frac{1}{59290}$$

$$= 15944$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$GLU = \sum_{i=1}^{M} \frac{\left(\sum_{j=1}^{N} p(i,j)\right)^2}{s} = \sum_{i=1}^{M} \frac{g(i)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+\cdots+0)^2 + (0+0+0+\cdots+0)^2 +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2 + \cdots + (318+5+0+\cdots+0)^2 +$$

$$\cdots + (1+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 20935$$

$$RLU = \sum_{j=1}^{N} \frac{(\sum_{i=1}^{M} p(i,j))^2}{s} = \sum_{j=1}^{N} \frac{r(j)^2}{s}$$

$$= [(1+0+0+1+\cdots+318+0+306+\cdots+1)^2 +$$

$$(0+0+0+0+\cdots+5+0+4+\cdots+0)^2 + \cdots +$$

$$(0+0+0+\cdots+0)^2] \times \frac{1}{59290}$$

$$= 221.0069$$

$$RP = \frac{s}{\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} j \times p(i,j)}$$

$$= 59290 \times 1/\{[(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + [(1\times 0) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 318) + (2\times 5) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)] + \cdots + [(1\times 1) + (2\times 0) + (3\times 0) + \cdots +$$

$$(242\times 0)]\}$$

$$= 0.9709$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

C. Klasifikasi SVM

Tahap awal pada klasifikasi SVM ini adalah melakukan *training* dan *testing* pada citra DPR yang telah diekstraksi fiturnya. Pertama, melakukan tahap *training*. Tahap *training* merupakan tahap pembentukan model dengan menggunakan data *training* sebanyak 57 data. Selanjutnya melakukan tahap *testing*, yaitu tahap pengujian keakuratan model yang telah dibentuk pada tahap *training* dengan menggunakan data *testing* sebanyak 30 data.

Klasifikasi pada penelitian ini menggunakan klasifikasi biner. Dengan memisahkan kelas normal dan tulang rapuh. Setelah itu kelas tulang rapuh dipisah lagi menjadi dua kelas, yaitu osteopenia dan osteoporosis. Untuk data *training* yang digunakan dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh sebanyak 65 data dan data *testing* sebanyak 22 data. Sedangkan untuk klasifikasi pada tulang rapuh, yaitu osteopenia dan osteoporosis, data *training* yang digunakan sebanyak 25 data dan data *testing* sebanyak 11 data.

Dalam penelitian ini, proses SVM yang dilakukan pada data *training* dan *testing* menggunakan 4 fungsi kernel, yaitu kernel *Polynomial*, kernel Gaussian, kernel RBF, dan kernel Linear. Seluruh kernel yang digunakan, didalamnya sudah terdapat 5 fitur yang digunakan dalam ekstraksi fitur GLRLM, yaitu SRE, LRE, GLU, RLU dan RP dalam sudut orientasi 0°, 45°, 90°, dan 135°. Selanjutnya utuk melihat akurasi dan banyaknya data hasil klasifikasi yang sesuai dengan data asli dilihat pada hasil *confussion matrix*.

1. Hasil kernel *Polynomial*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 2 *Training Polynomial* Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	24	0	38	3	95.385	92.683	88.889	100.000
45	27	2	36	0	96.923	100.000	100.000	94.737
90	26	3	35	1	93.846	97.222	96.296	92.105
135	24	2	36	3	92.308	92.308	88.889	94.737

Pada hasil *training* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel *polynomial*, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 24 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 95.385% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 92.683% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 88.889% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 27 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 36 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 96.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 94.737% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 26 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 35

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 1 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 93.846% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 97.222% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 96.296% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 92.105% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 24 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 36 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 88.889% yang berarti bahwa proporsi data yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 94.737% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 3 *Testing Polynomial* Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	2	3	10	7	54.545	58.824	22.222	76.923
45	9	1	12	0	95.455	100.000	100.000	92.308
90	5	5	8	4	59.091	66.667	55.556	61.538
135	3	6	7	6	45.455	53.846	33.333	53.846

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel *polynomial*, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 2 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 10 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 7 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 58.824% yang berarti bahwa proporsi data yang benar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 22.222% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 76.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 9 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 12 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 95.455% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 5 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 5 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 8 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 59.091% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 66.667% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 55.556% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 61.538% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup rendah.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 3 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 6 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 6 data. Dari nilai *confussion*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

matrix tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 45.455% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 53.846% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 33.333% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 53.846% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup rendah.

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 4 *Training Polynomial* Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	8	0	17	0	100.000	100.000	100.000	100.000
45	8	0	17	0	100.000	100.000	100.000	100.000
90	8	0	17	0	100.000	100.000	100.000	100.000
135	8	1	16	0	96.000	100.000	100.000	94.118

Pada hasil *training* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel *polynomial*, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 8 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 8 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 8 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 8 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 16 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 0 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 96% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Nilai spesifisitas sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang tinggi atau tepat seluruhnya. Dan nilai *recall* sebesar 94.118% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 5 *testing Polynomial* Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

0	2	2	5	2	63.636	71.429	50.000	71.429
45	2	0	7	2	81.818	77.778	50.000	100.000
90	1	0	7	3	72.727	70.000	25.000	100.000
135	1	0	7	3	72.727	70.000	25.000	100.000

Pada hasil *testing* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel *polynomial*, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 2 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 2 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 5 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 2 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang cukup rendah. Nilai presisi sebesar 71.429% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 50% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 71.429% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 2 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 2 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 81.818% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 71.429% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 50% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 71.429% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoperosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 72.727% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 70% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 25% yang berarti bahwa proporsi data yang benar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 72.727% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 70% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 25% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

2. Hasil Kernel Gaussian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 6 *Training* Gaussian Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	22	0	38	5	92.308	88.372	81.481	100.000
45	25	0	38	2	96.923	95.000	92.593	100.000
90	24	0	38	3	95.385	92.683	88.889	100.000
135	22	0	38	5	92.308	88.372	81.481	100.000

Pada hasil *training* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel gaussian, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 22 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 88.372% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 81.481% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 25 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 2 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 96.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 95% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 92.593% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 24 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 95.385% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 92.683% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 88.889% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 22 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 88.372% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 81.481% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 7 *Testing* Gaussian Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	1	0	13	8	63.636	61.905	11.111	100.000
45	4	2	11	5	68.182	68.750	44.444	84.615
90	4	3	10	5	63.636	66.667	44.444	76.923
135	1	2	11	8	54.545	57.895	11.111	84.615

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel gaussian, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 13 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 61.905% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 68.182% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 68.750% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 10 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 66.667% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 76.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 57.895% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 8 *Training* Gaussian Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	6	0	17	2	92.000	89.474	75.000	100.000
45	4	0	17	4	84.000	80.952	50.000	100.000
90	4	0	17	4	84.000	80.952	50.000	100.000
135	5	0	17	3	88.000	85.000	62.500	100.000

Pada hasil *training* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel gaussian, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 6 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 2 dat. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

89.474% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 75% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 84% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar terbilang cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 80.952% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 50% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 84% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 80.952% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 50% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 5 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 3 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 88% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 85% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 62.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 9 *Testing* Gaussian Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	0	1	6	4	54.545	60.000	0.000	85.714
45	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000
90	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000
135	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000

Pada hasil *testing* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel Gaussian, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 6 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

osteopenia sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 60% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 85.714% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

3. Hasil Kernel RBF

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 10 *Training* RBF Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	22	0	38	5	92.308	88.372	81.481	100.000
45	25	0	38	2	96.923	95.000	92.593	100.000
90	24	0	38	3	95.385	92.683	88.889	100.000
135	22	0	38	5	92.308	88.372	81.481	100.000

Pada hasil *training* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel RBF, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 22 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 88.372% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 81.481% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 25 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 2 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 96.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 95% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 92.593% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 24 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 95.385% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 92.683% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 88.889% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 22 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 92.308% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 88.372% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 81.481% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 11 *Testing* RBF Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	1	0	13	8	63.636	61.905	11.111	100.000
45	4	2	11	5	68.182	68.750	44.444	84.615
90	4	3	10	5	63.636	66.667	44.444	76.923
135	1	2	11	8	54.545	57.895	11.111	84.615

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel RBF, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 13 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 61.905% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 68.182% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 68.750% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 10 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 66.667% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 76.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 57.895% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 12 *Training* RBF Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	6	0	17	2	92.000	89.474	75.000	100.000
45	4	0	17	4	84.000	80.952	50.000	100.000
90	4	0	17	4	84.000	80.952	50.000	100.000
135	5	0	17	3	88.000	85.000	62.500	100.000

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel RBF, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 13 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 61.905% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 68.182% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 68.750% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 4 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 10 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 5 data. Dari nilai *confussion*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

matrix tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 66.667% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 44.444% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 76.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 57.895% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 13 *Testing* RBF Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	0	1	6	4	54.545	60.000	0.000	85.714
45	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000
90	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000
135	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000

Pada hasil *testing* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel RBF, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 6 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 60% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 85.714% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

4. Hasil Kernel Linear

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 14 *Training* Linear Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	3	1	31	24	57.627	56.364	11.111	96.875
45	0	0	38	27	58.462	58.462	0.000	100.000
90	8	5	33	19	63.077	63.462	29.630	86.842
135	0	0	38	27	58.462	58.462	0.000	100.000

Pada hasil *training* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel Linear, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 3 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 31 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 24 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 57.627% yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 56.364% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 96.875% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 27 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 58.462% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 58.462% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 8 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 5 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 33 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 19 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.077% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.462% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 29.630% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 86.842% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 38

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 27 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 58.462% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 58.462% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi atau tepat seluruhnya.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh.

Tabel 4. 15 *Testing* Linear Tulang Normal dan Tulang Rapuh

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	1	2	11	8	54.545	57.895	11.111	84.615
45	0	0	13	9	59.091	59.091	0.000	100.000
90	3	3	10	6	59.091	62.500	33.333	76.923
135	0	0	13	9	59.091	59.091	0.000	100.000

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel Linear, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 1 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 11 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 57.895% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 11.111% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 84.615% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 13 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 9 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 59.091% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 62.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 3 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 3 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 10 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 6 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 59.091% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 662.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 33.333% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 76.923% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 0 data,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 13 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 9 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 59.091% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 62.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *training* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 16 *Training* Linear Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	7	2	15	1	88.000	93.750	87.500	88.235
45	2	1	16	6	72.000	72.727	25.000	94.118
90	5	2	15	3	80.000	83.333	62.500	88.235
135	0	0	17	8	68.000	68.000	0.000	100.000

Pada hasil *testing* tulang normal dan tulang rapuh menggunakan kernel Linear, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 7 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 15 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 1 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 88% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 93.750% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 87.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 88.235% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 2 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 16 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 6 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 72%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 72.727% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 87.5% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup tinggi. Dan nilai *recall* sebesar 88.235% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 5 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 2 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 15 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 3 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 80% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 93.75% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 25% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh cukup rendah. Dan nilai *recall* sebesar 94.118% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label tulang rapuh dan terklasifikasi sebagai tulang rapuh juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label tulang normal namun terklasifikasi sebagai tulang rapuh sebanyak 0 data, TP atau data yang memiliki label tulang normal dan terklasifikasi sebagai tulang normal juga sebanyak 17 data, dan FP atau data yang memiliki label tulang rapuh namun terklasifikasi sebagai tulang normal sebanyak 8 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 68% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup tinggi. Nilai presisi sebesar 68% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi normal terhadap hasil klasifikasi tulang normal cukup tinggi. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi tulang rapuh terhadap data total tulang rapuh terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang normal terhadap data tulang normal cukup tinggi.

Berikut hasil pada data *testing* dalam klasifikasi osteopenia dan osteoporosis.

Tabel 4. 17 *Testing* Linear Osteopenia dan Osteoporosis

Sudut Orientasi	TN	FN	TP	FP	Akurasi	Presisi	Spesifisitas	Recall
0	0	2	5	4	45.455	55.556	0.000	71.429
45	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000
90	0	1	6	4	54.545	60.000	0.000	85.714
135	0	0	7	4	63.636	63.636	0.000	100.000

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada hasil *testing* osteopenia dan osteoporosis menggunakan kernel Linear, didapatkan hasil dari 4 sudut orientasi sebagai berikut.

Pada sudut orientasi 0° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 1 data, TP atau data yang memiliki label osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 6 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 54.545% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 60% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 85.714% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi osteopenia terhadap data osteopenia cukup tinggi.

Pada sudut orientasi 45° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 90° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Pada sudut orientasi 135° jumlah TN atau data yang memiliki label osteoporosis dan terklasifikasi sebagai osteoporosis juga sebanyak 0 data, FN atau data yang memiliki label osteopenia namun terklasifikasi sebagai osteoporosis sebanyak 0 data atau tidak ada, TP atau data yang memiliki label tulang osteopenia dan terklasifikasi sebagai osteopenia juga sebanyak 7 data, dan FP atau data yang memiliki label osteoporosis namun terklasifikasi sebagai osteopenia sebanyak 4 data atau tidak ada. Dari nilai *confussion matrix* tersebut, didapatkan nilai akurasi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi benar cukup rendah. Nilai presisi sebesar 63.636% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteopenia terhadap hasil klasifikasi osteopenia cukup rendah. Nilai spesifisitas sebesar 0% yang berarti bahwa proporsi data yang benar terklasifikasi osteoporosis terhadap data total osteoporosis terbilang rendah. Dan nilai *recall* sebesar 100% yang berarti bahwa proporsi data yang terklasifikasi tulang osteopenia terhadap data tulang osteopenia terbilang tinggi atau tepat seluruhnya.

Berdasarkan hasil-hasil *confussion matrix* dari 4 kernel dan 4 sudut orientasi, dapat dilihat bahwa hasil akurasi menggunakan kernel *polynomial* dengan sudut orientasi 45° merupakan hasil paling tinggi di semua klasifikasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh, hasil akurasi data *training* sebesar 96,9% dan akurasi data *testing* sebesar 95,5%. Sedangkan pada klasifikasi tulang rapuh itu sendiri, yaitu klasifikasi osteopenia dan osteoporosis memiliki hasil akurasi data *training* sebesar 100% dan akurasi data *testing* sebesar 81,8%.

Hasil diatas dapat membuktikan bahwa klasifikasi SVM untuk mengidentifikasi pola kerapuhan tulang dengan menggunakan ekstraksi fitur GLRLM sangat cocok dan menghasilkan hasil yang baik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan proses pengolahan data dan hasil penelitian yang telah dibahas mengenai Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang Berdasarkan Fitur Tekstur Citra Dental Panoramic Radiograph (DPR) Menggunakan Gray Level Run Length Matrix (GLRLM) dan Support Vector Machine (SVM), maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Data citra DPR yang didapat dari Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Padjajaran di*crop* pada bagian tulang ramus mandibula kanan dan kiri. Proses *cropping* dilakukan dua kali agar mendapatkan letak yang sesuai dan presisi di setiap citranya. *Histogram Equalization* dilakukan untuk mendapatkan tingkat keabuan yang baik, dimana sebelumnya citra diubah menjadi format *grayscale* dengan dua dimensi. Tingkat keabuan yang dihasilkan dari proses *histogram equalization* memiliki jumlah pixel yang relatif sama dan merata. Dengan demikian, citra siap untuk diolah pada proses berikutnya, yaitu ekstraksi fitur.
2. Metode ekstraksi fitur GLRLM diawali dengan membentuk matriks *run-length* pada sudut orientasi 0°, 45°, 90°, dan 135°. Pada masing-masing sudut orientasi, dilakukan ekstraksi fitur GLRLM. Fitur

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

GLRLM yang digunakan pada penelitian ini adalah SRE, LRE, GLU, RLU, dan RP. Ekstraksi fitur ini berguna untuk melihat jaringan trabekula yang terdapat pada tulang ramus mandibula yang berfungsi untuk identifikasi pola kerapuhan tulang.

3. Potongan citra ramus mandibula yang telah diekstraksi fiturnya menggunakan ekstraksi fitur GLRLM akan diklasifikasi menggunakan SVM. Klasifikasi pada penelitian ini menggunakan SVM *binary* dimana hasil klasifikasi berupa tulang normal dan tulang rapuh. Apabila tergolong dalam tulang rapuh, akan diklasifikasi lagi menjadi osteopenia dan osteoporosis. Dari hasil yang telah didapat, sudut orientasi terbaik pada kasus ini adalah 45° dengan menggunakan persamaan kernel *polynomial*. Hasil akurasi klasifikasi tulang normal dan tulang rapuh terbaik pada data *training* adalah 96,9% dan pada *testing* adalah 95,5%. Selanjutnya, hasil akurasi klasifikasi tulang rapuh, yaitu osteopenia dan osteoporosis pada data *training* adalah 100% dan pada data *testing* adalah 81,8%.

B. Saran

Pada penelitian ini yang membahas tentang Identifikasi Pola Kerapuhan Tulang Berdasarkan Fitur Tekstur Citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) Menggunakan *Gray Level Run Length Matrix* (GLRLM) dan *Support Vector Machine* (SVM) masih memiliki banyak kekurangan. Sehingga tedapat beberapa saran diajukan oleh peneliti sebagai bahan pertimbangan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran tersebut yaitu, pengambilan ROI pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

daerah ramus mandibula seharusnya dilakukan secara otomatis tanpa memilih daerah ROI satu per satu di setiap citra DPRnya. *Cropping* otomatis harusnya dapat dilakukan tanpa terhalang oleh hasil masing-masing citra DPR yang berbeda-beda.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adyanti, D. A. (2018). *Analisis Citra Dental Panoramic Radiograph (DPR) Pada Tulang Mandibula untuk Deteksi Osteoporosis Menggunakan Meetode GLCM-SVM Multiclass (Gray Level Co-Occurrance Matrix - Support Vector Machine Multiclass)*. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Alfiani, D., Puspitodjati, S., Widodo, S., & Septiana, D. A. (2011). Klasifikasi Tekstur Parket Kayu dengan Menggunakan Metode Statistikal Grey Level Run Length Matrix. *Jurnal Teknologi Informasi Politeknik Telkom*, *1*(1).

Amelia, D. H., Hidayat, B., & Malinda, Y. (2018). *Identifikasi Biometrik Pola Enamel Gigi Menggunakan Metode Gray Level Run Length Matrix (GLRLM) dan Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) sebagai Aplikasi Forensik Kedokteran Gigi Berbasis Matlab*. *5*(1), 443–448.

Amin, F. M. (2018). Identifikasi Citra Daging Ayam Berformalin Menggunakan Metode Fitur Tekstur dan K-Nearest Neighbor (K-NN). *Jurnal Matematika "MANTIK," 4*(1), 68–74. https://doi.org/10.15642/mantik.2018.4.1.68-74

Andono, P. N., Sutojo, T., & Muljono. (2017). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Andriani, A. (2013). Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Decission Tree dalam Pemberian Beasiswa Studi Kasus: AMIK "BSI Yogyakarta." *SENTIKA*, (2089–9815), 163–168.

Azhari, Yudhi, D., Endang, J., & Arifin, A. Z. (2014). Analisis Citra Radiografi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Panoramik pada Tulang Mandibula untuk Deteksi Dini Osteoporosis dengan Metode Gray Level Cooccurence Matrix (GLCM) Panoramic Radiograph Image Analysis using Cooccurence Gray Level Matrix Method (GLCM) for Early Detection of O. *Mkb*, *46*(1), 203–208.

Bala, Y., Zebaze, R., Ghasem-Zadeh, A., Atkinson, E. J., Iuliano, S., Peterson, J. M., … Seeman, E. (2014). Cortical Porosity Identifies Women With Osteopenia at Increased Risk for Forearm Fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, *29*(6), 1356–1362. https://doi.org/10.1002/jbmr.2167

Basuki, A. (2005). *Metode Numerik dan Algoritma Komputasi*. Yogyakarta: ANDI.s

Candra Noor Santi. (2011). Mengubah Citra Berwarna Menjadi Gray--Scale dan Citra Biner. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, *16*(1), 14–19.

Faber, T. D., Yoon, D. C., Service, S. K., & White, S. C. (2004). Fourier and Wavelet Analyses of Dental Radiographs Detect Trabecular Changes in Osteoporosis. *Bone*, *35*(2), 403–411. https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.03.002

Fanani, A., & Ulinnuha, N. (2016). Watermarking Citra Digital Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform. *Jurnal Matematika "MANTIK," 1*(2), 1. https://doi.org/10.15642/mantik.2016.1.2.1-7

Fidya. (2018). *Anatomi Gigi dan Mulut*. Malang: UB Press.

Fitriana, I. (2014). *Peningkatan Kualitas Citra Dental Panoramic Radiograph Pada Tulang Mandibula Menggunakan Multi-Histogram Equalization*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fridayanthie, E. W. (2015). Analisa Data Mining Untuk Prediksi Penyakit Hepatitisdengan Menggunakan Metode Naive Bayes dan Support Vector Machine. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, *3*(1), 54–67.

Galloway, M. (1975). Texture Analysis Using Gray Level Run Length. *Computer Graphics and Image Processing*, *4*.

Indrianie, S. N. (2013). *Mathematical Morphological Edge Detection untuk Segmentasi Foramen Mentale Pada Citra Dental Panoramic Radiograph (DPR)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Kementerian Kesehatan RI. (2015). Data & Kondisi Penyakit Osteoporosis di Indonesia. *Infodatin Pusat Data Dan Informasi Kementrian Kesehatan RI*, pp. 1–8. Retrieved from http://www.depkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin-osteoporosis.pdf

Lestari, M. (2014). Penerapan Algoritma Klasifikasi Nearest Neighbor (K-NN) Untuk Mendeteksi Penyakit Jantung. *Faktor Exacta*, *7*(September 2010), 366–371.

Lestari, S., & Widyaningrum, R. (2017). Hubungan fraksi area trabekula anterior mandibula dengan kepadatan tulang lumbar spine untuk deteksi dini osteoporosis. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, *3*(1), 43–50. https://doi.org/10.22146/majkedgiind.13207

Munir, M. S. (2016). *Klasifikasi Kekurangan Unsur Hara N, P, K Tanaman Kedelai Berdasarkan Fitur Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Munir, R. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.

Nugroho, A. S., Witarto, A. B., & Handoko, D. (2003). Support Vector Machine. *Kuliah Umum Ilmu Komputer*. https://doi.org/10.1109/CCDC.2011.5968300

Nurtanio, I., Astuti, E. R., Purnama, I. K. E., Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2013). Classifying Cyst and Tumor Lesion Using Support Vector Machine Based on Dental Panoramic Images Texture Features. *IAENG International Journal of Computer Science*, *40*(1), 29–37.

P, F. K., Saepudin, D., & Rizal, A. (2014). Analisis Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) dan Region Growing dalam Deteksi Gejala Kanker Payudara pada Citra Mammogram. *Jurnal Elektro*, *11*(2), 1–14.

Pendidikan, D. (2019). Penjelasan Tulang mandibula Serta Bagian-Bagiannya. Retrieved from Dosen Pendidikan website: https://www.dosenpendidikan.com/penjelasan-tulang-mandibula-serta-bagian-bagiannya/#!

Permata, E., Purnama, I. K. E., & Purnomo, M. H. (2013). Klasifikasi Jenis Dan Fase Parasit Malaria Plasmodium Falciparum Dan Plasmodium Vivax Dalam Sel Darah Merah Menggunakan Support Vector Machine One Against One. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia 2013 STMIK AMIKOM Yogyakarta*, *19 Januari 2013*, *1*(2), 1–6.

Prasetyo, E. (2014). *Data Mining, Mengelola Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pratiwi, S. N. D., & Ulama, B. S. S. (2016). Klasifikasi Email Spam dengan Menggunakan Support Vector Machine dan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Sains & Seni ITS*, *5*(2).

Purwanti, L. E., Prasetyo, E., & Nurhidayat, S. (2015). The Risk Factors Osteopenia on Adolescent. *Jurnal Ners Dan Kebidanan (Journal of Ners and Midwifery)*, *2*(1), 038–042. https://doi.org/10.26699/jnk.v2i1.art.p038-042

Puspitasari, A. M., Ratnawati, D. E., & Widodo, A. W. (2018). Klasifikasi Penyakit Gigi Dan Mulut Menggunakan Metode Support Vector Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *2*(2), 802–810.

Roberts, M. G., Graham, J., & Devlin, H. (2013). Image Texture in Dental Panoramic Radiographs as a Potential Biomarker of Osteoporosis. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *60*(9), 2384–2392. https://doi.org/10.1109/TBME.2013.2256908

Rukmoyo, T. (2017). *OSTEOPOROSIS*. Yogyakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Gajah mada.

Sennang, N., Mutmainnah, Pakasi, R., & Hardjoeno. (2006). Analisis Kadar Osteokalsin Serum Ostopenia dan Osteoporosis. *Clinical Pathology and Medical Laboratory*, *12*(2), 49–52.

Sihombing, M. P., Sunarya, U., & Atmaja, R. D. (2014). Deteksi Penyakit Tulang Osteopenia dan Osteoporosis Menggunakan Metode Threshold Otsu. *Jurnal Teknik Elektro*, 1–6.

Sugandi, H. Y. (2016). Penerapan Metode Run-Length dan Algoritma Simple

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Naive Bayes untuk Identifikasi Sidik Jari. *Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika (KOMPUTA)*.

Sutoyo, T. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.

Syafria, F., Buono, A., & Silalahi, P. (2014). Pengenalan Suara Paru-Paru dengan MFCC sebagai Ekstraksi Ciri dan Backpropagation sebagai Classifier. *Jurnal Ilmu Komputer & Agri-Informatika*, *3*(1), 28–37. Retrieved from http://journal.ipb.ac.id/index.php/jika

Taguchi, A., Tsuda, M., Ohtsuka, M., Kodama, I., Sanada, M., Nakamoto, T., … Bollen, A. M. (2006). Use of Dental Panoramic Radiographs in Identifying Younger Postmenopausal Women with Osteoporosis. *Osteoporosis International*, *17*(3), 387–394. https://doi.org/10.1007/s00198-005-2029-7

Tarigan, A. K., Nasution, S. D., Suginam, & Karim, A. (2016). Aplikasi Pembelajaran Citra Dengan Menggunakan Metode Computer Assisted Instruction (CAI). *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, *3*(4), 1–4. Retrieved from http://e-jurnal.pelitanusantara.ac.id/index.php/JIPN/article/view/292

Widodo, W., Rachman, A., & Amelia, R. (2014). Jaringan Syaraf Tiruan Prediksi Penyakit Demam Berdarah dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal IPTEK*, *18*(1), 64–70.

Wirakusumah, E. S. (2007). *Mencegah Osteoporosis Lengkap dengan 29 Jus &38 Resep Makanan*. Jakarta: Penebar Plus.

Zainuddin, M., Sianturi, L. T., & Hondro, R. K. (2017). Implementasi Metode Robinson Operator 3 Level Untuk Mendeteksi Tepi Pada Citra Digital. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, *4*(4), 1–5.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id