



**KORELASI DENSITAS KAPSUL OTIK KOKLEA DAN  
TULANG PENDENGARAN TERHADAP DENSITAS FEMUR  
DAN TULANG BELAKANG PADA PASIEN DENGAN  
PENURUNAN DENSITAS TULANG**

**TESIS**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Spesialis Radiologi**



**Oleh:**

**Rosa**

**158071000111002**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS RADIOLOGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2018**

## DAFTAR ISI

<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	4
1.4.2 Manfaat Praktis .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Anatomi dan Fisiologi Tulang .....	5
2.1.1 Anatomi Tulang .....	5
2.1.2 Fisiologi Tulang .....	6
2.2 Osteoporosis .....	8
2.2.1 Definisi Osteoporosis .....	8
2.2.2 Klasifikasi Osteoporosis .....	8
2.2.3 Patogenesis Osteoporosis .....	9
2.2.4 Faktor Risiko Osteoporosis .....	10
2.2.5 Diagnosis Osteoporosis .....	13
2.3 Anatomi dan Fisiologi Pendengaran .....	20
2.3.1 Gangguan Fungsi Pendengaran .....	21
2.4 Tulang Temporal dan Tulang Pendengaran pada Pasien Osteoporosis .....	22
<b>BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN</b> .....	27
3.1 Kerangka Konsep .....	27
3.2 Penjelasan Kerangka Konsep .....	27
3.3 Hipotesis Penelitian .....	28
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN</b> .....	29
4.1 Desain Penelitian .....	29
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	29





4.2.1	Tempat Penelitian	29
4.2.2	Waktu Penelitian	29
4.3	Bahan dan Alat Penelitian	30
4.4	Populasi dan Sampel Penelitian	30
4.4.1	Populasi Penelitian	30
4.4.2	Sampel Penelitian	31
4.5	Kriteria Inklusi dan Eksklusi	31
4.5.1	Kriteria Inklusi	31
4.5.2	Kriteria Eksklusi	31
4.6	Variabel Penelitian	32
4.6.1	Variabel Bebas	32
4.6.2	Variabel Tergantung	32
4.7	Definisi Operasional	32
4.8	Prosedur Penelitian	33
4.8.1	Penentuan Populasi Penelitian	33
4.8.2	Pembacaan Hasil HRCT Mastoid	34
4.8.3	Pembacaan DXA Femur-Tulang Belakang	34
4.9	Kerangka Operasional	35
4.10	Analisis Statistik	36
4.11	Jadwal Penelitian	36
<b>BAB 5 HASIL PENELITIAN</b>		<b>37</b>
5.1	Karakteristik Subyek Penelitian	37
5.2	Hasil Pemeriksaan	39
5.2.1	Hasil Pemeriksaan DXA Leher Femur dan Tulang Belakang	39
5.2.2	Hasil Pemeriksaan Densitas Kapsul Otik Koklea dan Densitas Tulang Pendengaran	40
5.3	Analisis Statistik	42
5.3.1	Uji Normalitas	42
5.3.2	Uji Beda	43
5.3.3	Uji Korelasi	45

**BAB 6 PEMBAHASAN** ..... 47

6.1 Karakteristik Subyek Penelitian ..... 47

6.2 Analisis Nilai Densitas Leher Femur, Tulang Belakang, Kapsul Otik  
Koklea dan Tulang Pendengaran ..... 496.3 Analisis Beda Densitas Tulang pendengaran dan Kapsul Otik Koklea Kanan  
dan Kiri ..... 51

6.4 Analisis Korelasi Densitas Leher Femur Terhadap Tulang Belakang .... 51

6.5 Analisis Korelasi Densitas Kapsul Otik Koklea dan Densitas Tulang  
Pendengaran Terhadap Densitas Leher Femur dan Tulang Belakang ..... 53

6.6 Keterbatasan Penelitian ..... 56

**BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN** ..... 57

7.1 Kesimpulan ..... 57

7.2 Saran ..... 57

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 59**LAMPIRAN** ..... 67



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penurunan densitas tulang terjadi karena menurunnya massa tulang, berkurangnya matriks dan mineral tulang disertai rusaknya mikroarsitektur jaringan tulang yang lebih dikenal dengan osteoporosis. Menurunnya massa tulang dan memburuknya arsitektur jaringan tulang berhubungan erat dengan proses remodeling tulang yaitu terjadinya abnormalitas turnover tulang (Kawiyana 2009). Osteoporosis merupakan penyakit tulang metabolik yang paling sering terjadi (Guglielmi et al. 2011).

Osteopenia merupakan bentuk paling ringan dari hilangnya tulang dan dikatakan sebagai tanda awal osteoporosis. Osteoporosis dan osteopenia merupakan penyakit sistemik dan mempengaruhi semua tulang. Tulang yang paling sering mengalami osteoporosis adalah pinggul dan tulang vertebrae, akan tetapi dapat pula mempengaruhi tulang pendengaran. Penelitian oleh Babich, dkk menemukan tuli konduksi pada osteoporosis. Babich, dkk menduga osteoporosis juga dapat mengenai maleus, inkus, dan stapes sehingga menyebabkan tuli konduksi (Bhavya et al. 2016). Demineralisasi tulang temporal termasuk kapsul otik dan saluran telinga dalam dapat menjadi faktor biologis yang berkontribusi dalam terjadinya tuli sensorineural (Bhavya et al. 2016; Jung et al. 2016).

Angka kejadian osteoporosis pada populasi global sebanyak 5% (Drylli 2016). Pada tahun 2006 diperkirakan terdapat 200 juta penderita osteoporosis di seluruh



dunia (Lee et al. 2013). Dari hasil analisis data risiko osteoporosis pada tahun 2005 dengan metode pemeriksaan Bone Mineral Density (BMD) menggunakan alat diagnostik sonometer tulang, menunjukkan angka prevalensi osteopenia sebesar 41,7% dan prevalensi osteoporosis sebesar 10,3% (Kemenkes RI 2008). Prevalensi osteoporosis di RSUD RS Saiful Anwar dikutip oleh Soesanto sebesar 38% sedangkan prevalensi gangguan dengar pada penderita osteoporosis di RSUD dr Saiful Anwar sebesar 66,67% (Soesanto 2017).

BMD menggambarkan berapa grams mineral tulang per area atau volume (Link 2012). World Health Organization (WHO) mendefinisikan osteoporosis dengan nilai T BMD kurang dari -2,5 dan osteopenia dengan nilai T -1 sampai -2,5 serta normal dengan nilai T lebih dari -1 (Sipos et al. 2009). Dual X-ray absorptiometry (DXA) saat ini merupakan gold standart untuk menghitung densitas mineral tulang berdasarkan guideline WHO (Blake & Fogelman 2007). DXA digunakan secara luas untuk menilai tulang –tulang pusat tetapi tidak mampu menilai tulang kecil (Barwick et al. 2017). Demineralisasi tulang temporal dan tulang pendengaran dapat diukur dengan menghitung densitas tulang pada Computed Tomography scan (CT scan) dengan satuan Hounsfield Unit (HU) (Fatih Erkoç et al. 2013).

Terdapat korelasi signifikan densitas lumbal, maleus, inkus, stapes, dan kapsul otik terhadap rerata ambang dengar (Soesanto 2017). Penelitian oleh Clark, dkk., dikutip oleh Elizabeth, dkk., menunjukkan bahwa densitas massa tulang femur yang rendah meningkatkan risiko terjadinya gangguan pendengaran. Clark, dkk. membuat hipotesis bahwa densitas massa tulang femur mungkin dapat menggambarkan densitas tulang temporal (Yeh et al. 2015). Penelitian mengenai korelasi densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran terhadap densitas



femur dan tulang belakang belum pernah diteliti di Indonesia. Hal tersebut memunculkan ketertarikan penulis untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran dengan densitas mineral femur dan tulang belakang.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah terdapat korelasi densitas kapsul otik koklea terhadap densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang?
2. Apakah terdapat korelasi densitas tulang pendengaran terhadap densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang?
3. Apakah terdapat korelasi densitas kapsul otik koklea terhadap densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang?
4. Apakah terdapat korelasi densitas tulang pendengaran terhadap densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang?

### **1.3 Tujuan penelitian**

1. Menganalisis apakah terdapat korelasi densitas kapsul otik koklea terhadap densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
2. Menganalisis apakah terdapat korelasi densitas tulang pendengaran terhadap densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
3. Menganalisis apakah terdapat korelasi densitas kapsul otik koklea terhadap densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang.



4. Menganalisis apakah terdapat korelasi densitas tulang pendengaran terhadap densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

##### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Pada pasien dengan penurunan densitas tulang (osteoporosis dan osteopenia), atau dengan faktor risiko terjadinya osteoporosis harus lebih berhati-hati terhadap kemungkinan penurunan densitas kapsul otik dan tulang pendengaran yang dapat mengganggu fungsi pendengaran.

##### 1.4.2 Manfaat Praktis

1. Dengan diketahuinya korelasi densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran dengan densitas femur dan tulang belakang diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk dilakukan pemeriksaan DXA pada pasien dengan gangguan fungsi pendengaran yang dicurigai mengalami osteoporosis.
2. Untuk radiolog agar lebih berhati-hati dalam mengevaluasi HRCT Mastoid pasien dengan observasi gangguan fungsi pendengaran, termasuk dalam pengukuran densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Anatomi dan Fisiologi Tulang

##### 2.1.1 Anatomi Tulang

Total jumlah tulang dewasa adalah 213 buah, tidak termasuk tulang sesamoid. Tulang appendicular sebanyak 126 buah, tulang axial 74 buah, dan tulang pendengaran 6 buah. Empat kategori tulang adalah tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih dan tulang irregular. Tulang panjang termasuk clavicula, humerus, radius, ulna, metacarpal, femur, tibia, fibula, metatarsal dan phalanx. Tulang pendek termasuk karpal, tulang tarsal, patella dan sesamoid. Tulang pipih termasuk tulang belakang, sacrum, coccyx, tulang hyoid. Tulang pipih dibentuk oleh tulang membranous, sedangkan tulang panjang dibentuk oleh kombinasi tulang endochondral dan membranous (Clarke 2008).

Tulang terdiri dari 2 bahan mayor: mineral (termasuk kalsium dan phosphor), dan sel tulang (terdiri dari osteoblas dan osteoklas). Formasi tulang secara normal (aktivitas osteoblastik) dan resorpsi tulang (aktivitas osteoklastik) berjalan seimbang tergantung pada banyak faktor (usia, fungsi endokrin, nutrisi dan genetik). Terdapat dua tipe besar tulang: tulang kanselus (juga disebut tulang trabekular) merupakan bagian dalam tulang yang tipis, dan tulang kortikal yang berada di luar merupakan bagian tulang yang lebih keras. Tulang kanselus mengalami turnover lebih cepat dibanding tulang kortikal. Apabila terjadi



ketidakselarasan aktivitas osteoblas tulang kanselus terpengaruh lebih cepat dibanding tulang kortikal (Bhavya et al. 2016).

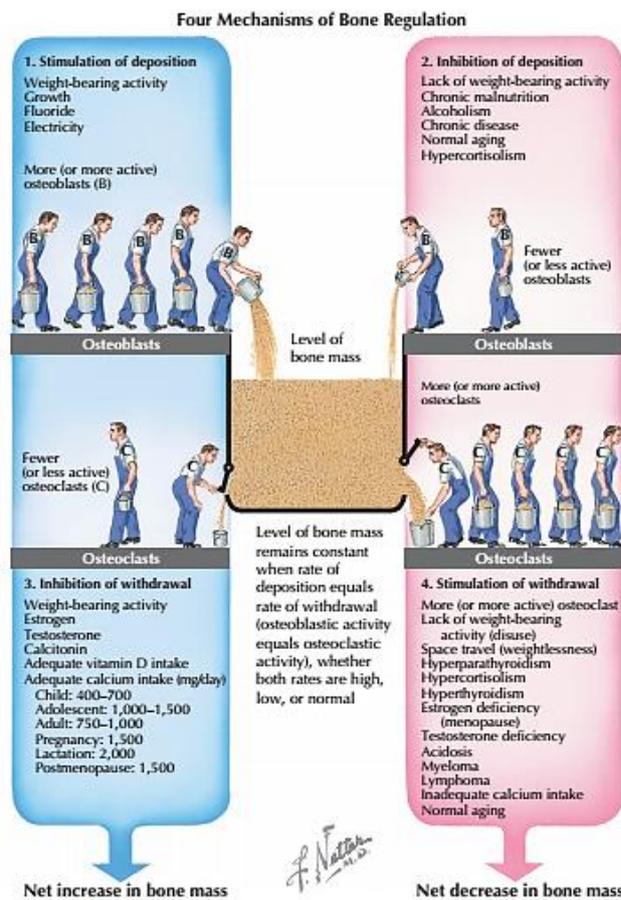
Tulang merupakan kerangka tubuh yang kaku, keras dan penuh daya regenerasi dan repair. Tulang melindungi organ vital, menyediakan lingkungan untuk sumsum (membentuk darah dan menyimpan lemak), sebagai penyimpanan kalsium, homeostasis dan penyimpan growth faktor dan sitokin, dan berperan untuk keseimbangan asam basa (Fogelman et al. 2012).

### 2.1.2 Fisiologi Tulang

Masing-masing tulang mengalami modeling sepanjang kehidupan, membantu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, remodeling mengganti tulang tua yang mengalami kerusakan mikro dan menggantinya dengan tulang baru (Clarke 2008). Proses remodeling mengabsorpsi tulang lama dan membentuk tulang baru untuk mencegah akumulasi kerusakan mikro. Proses ini diawali sebelum kelahiran dan berlangsung seumur hidup. Remodeling tulang diperankan oleh sel osteoklas dan osteoblas yang meresorpsi dan membentuk tulang baru. Remodeling tulang ini meningkat pada masa perimenopause dan awal post menopause kemudian berlangsung melambat dengan berlanjutnya usia. Remodeling tulang meningkat pada usia pertengahan pada laki-laki (Clarke 2008). Proses remodeling tulang terjadi secara kontinyu yang berarti bahwa pembentukan tulang tidak terbatas pada fase pertumbuhan saja, akan tetapi pada kenyataannya berlangsung seumur hidup (Kawiyana 2009).

Kehilangan massa tulang setelah menopause terjadi kira-kira 3-5% pertahun yang penyebab primernya adalah turunnya estrogen. Semakin bertambah usia pada

wanita dan adanya transisi menopause dapat menyebabkan hilangnya tulang tambahan. Hilangnya tulang paling besar terjadi pada tahun pertama hingga ke tiga setelah menopause hingga mencapai 20% pada periode ini. Karena itu secara umum wanita memiliki massa tulang yang lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki menyebabkan lebih tingginya risiko fraktur pada wanita postmenopause bila dibandingkan dengan laki-laki pada usia yang sama (Bhavya et al. 2016).



**Gambar 2.1. Mekanisme regulasi tulang.**

Gambar empat mekanisme regulasi tulang (Thompson 2002).



## 2.2 Osteoporosis

### 2.2.1 Definisi Osteoporosis

Osteoporosis merupakan kelainan skeletal sistemik dengan karakteristik BMD yang rendah sehingga cenderung mengalami fraktur (Bhavya et al. 2016).

Hilangnya massa tulang dapat disebabkan oleh:

- a. Kegagalan mencapai massa tulang puncak pada masa muda
- b. Peningkatan resorpsi setelah puncak massa tulang telah dicapai
- c. Gagalnya perbaikan tulang selama fase remodeling (Fogelman et al. 2012).

### 2.2.2 Klasifikasi Osteoporosis

Osteoporosis dapat diklasifikasikan menjadi osteoporosis primer dan osteoporosis sekunder. Osteoporosis primer merupakan penyakit metabolik yang ditandai dengan rendahnya massa tulang dan menurunnya mikro arsitektur jaringan tulang menghasilkan fragilitas tulang dan meningkatkan risiko fraktur. Hal ini menggambarkan hilangnya massa tulang yang tidak dikaitkan dengan penyakit lain, berhubungan dengan usia dapat terjadi pada wanita dan laki-laki. Osteoporosis primer lebih umum dijumpai pada wanita usia tua. Osteoporosis primer diklasifikasikan menjadi osteoporosis post-menopause dan senile osteoporosis. Osteoporosis post-menopausal (osteoporosis primer type I) mempengaruhi wanita postmenopause yang kurang dari 70 tahun. Osteoporosis type I ditandai dengan meningkatnya resorpsi tulang karena aktivitas osteoklastik, karena defisiensi estrogen. Komplikasi utama yang sering terjadi adalah fraktur crush vertebrae dan fraktur distal radius (fraktur colles) (Bhavya et al. 2016).



Senile osteoporosis (Osteoporosis primer type II) terjadi pada usia diatas 70 tahun pada wanita dan laki-laki. Fraktur yang paling sering terjadi adalah fraktur pinggul dan fraktur tulang belakang (Bhavya et al. 2016). Osteoporosis pada usia tua, "senile osteoporosis" harus dibedakan dengan osteoporosis type lain. Fraktur pinggul dan kekuatan leher pinggul tergantung pada aktivitas osteoblastik aktif.

Formasi tulang pada usia ini sering tidak terjadi karena proses penuaan (Inderjeeth et al. 2009).

Osteoporosis sekunder merupakan hasil dari bermacam-macam kondisi kronik yang berkontribusi dalam hilangnya mineral tulang atau dapat merupakan akibat regimen pengobatan yang menyebabkan compromised metabolisme tulang normal seperti kortikosteroid atau agen kemoterapi dan defisiensi nutrisi. Dapat timbul dalam usia berapapun dan mempengaruhi wanita dan laki-laki dalam jumlah yang sama (Bhavya et al. 2016).

### 2.2.3 Patogenesis Osteoporosis

Puncak massa tulang dicapai pada dekade ke-3. Laki laki memiliki puncak massa tulang yang lebih besar karena tulang pubertal pada laki-laki lebih besar dan berlangsung lebih lama dibanding pada wanita. Beberapa gen yang terlibat termasuk gen kolagen type I A1 yang dikaitkan dengan rendahnya BMD dan risiko fraktur. Pengaruh genetik yang berbeda mempengaruhi puncak massa tulang pada etnik yang berbeda. Orang kulit hitam memiliki puncak massa tulang yang lebih besar dibanding kulit putih dan orang asia (Jepang). Usia dimulainya kehilangan tulang berkisar diawal 50 tahun dan berlanjut hingga meninggal.

Ketidakseimbangan aktivitas osteoklas menyebabkan menurunnya kekuatan



tulang, resorpsi endosteal dan havers serta hilangnya tulang kanselus yang sebagian besar pada tulang belakang tanpa diikuti adanya pergantian tulang baru. Proses ini menghasilkan penipisan tulang trabekular yang signifikan dan meningkatkan risiko fraktur. Peningkatan resorpsi pada menopause disebabkan oleh defisiensi estrogen.

Wanita mengalami hilangnya tulang yang cepat pada saat menopause dan bisa terjadi hingga 5-10 tahun. Pada laki-laki walaupun total serum testosterone dan estrogen tetap dan relatif tidak berubah dengan meningkatnya usia, memiliki risiko fraktur sebesar 30%–50% setelah usia 80 tahun. Pada usia tua, insufisiensi vitamin D dan hiperparatiroid sekunder sering terjadi dan berkontribusi pada hilangnya tulang yang sebagian besar adalah tulang kortikal (Guglielmi et al. 2011).

#### 2.2.4 Faktor Risiko Osteoporosis

Osteoporosis dapat dicegah sejak pembentukan tulang dalam kandungan dan balita (bawah lima tahun). Usia pencegahan yang paling berarti adalah dari usia 8-16 tahun dimana terjadi pematangan tulang dan percepatan tumbuh sewaktu remaja hingga mencapai puncaknya pada awal usia 20 tahun sampai 30 tahun (Kemenkes RI 2008).

Faktor risiko osteoporosis pada dasarnya terdiri dari faktor risiko yang dapat dimodifikasi dan faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi (Kemenkes RI 2008).

1. Faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi

a. Usia

Pada lansia daya serap kalsium akan menurun seiring dengan bertambahnya usia



### b. Gender

Diperkirakan selama hidup, wanita akan kehilangan massa tulang 30-50%, sedangkan laki-laki hanya 20-30%, namun tidak berarti semua wanita yang telah mengalami menopause akan mengalami osteoporosis

### c. Genetik

Diperkirakan 80% kepadatan tulang diwariskan secara genetik sehingga dapat diartikan bahwa osteoporosis dapat diturunkan

### d. Gangguan hormonal

Wanita yang memasuki masa menopause mengalami pengurangan hormon estrogen, sehingga pada umumnya wanita diatas 40 tahun lebih banyak terkena osteoporosis dibanding dengan laki-laki. Laki-laki yang mengalami defisit testosterone (hormon yang dalam darah diubah menjadi estrogen). Gangguan hormonal lain seperti: tiroid, paratiroid, insulin dan glucocorticoid

### e. Ras

Orang berkulit putih cenderung lebih berisiko osteoporosis dibanding orang berkulit hitam

## 2. Faktor risiko yang dapat dimodifikasi

### a. Imobilitas

Imobilitas dalam waktu lama akan berakibat pada pengecilan tulang dan pengeluaran kalsium dari tubuh (hiperkalsiuria). Imobilitas umumnya dialami



orang yang berada dalam masa penyembuhan yang perlu mengistirahatkan tubuhnya untuk waktu yang lama.

b. Postur tubuh kurus

Postur tubuh kurus sangat mempengaruhi tingkat pencapaian massa tulang sehingga cenderung mengalami osteoporosis dibandingkan dengan postur tubuh ideal (dengan berat badan ideal).

c. Kebiasaan (konsumsi alkohol, kopi, minuman yang mengandung kafein, dan rokok yang berlebih)

Minuman beralkohol, kafein dan soda berpotensi mengurangi penyerapan kalsium ke dalam tubuh. Dengan berhenti merokok, membuat estrogen dalam tubuh seseorang tetap beraktivitas dan dapat mengeliminasi risiko kehilangan sel pembentuk tulang.

d. Asupan gizi rendah

Pola makan yang tidak seimbang yang kurang memperhatikan kandungan gizi, seperti kalsium, fosfor, seng, vitamin B6, C, D, K serta phytoestrogen (estrogen yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti tauge)

e. Kurang terkena sinar matahari

Sinar matahari terutama pagi dan sore hari dapat memicu kulit membentuk vitamin D3, dimana vitamin D (D3+D2/ berasal dari makanan) diubah oleh hepar dan ginjal menjadi kalsitriol

f. Kurang aktivitas fisik



Kurangnya olahraga dan latihan secara teratur menghambat proses pematangan massa tulang dan kekuatan tulang. Namun olahraga yang sangat berlebihan pada anak perempuan yang telah haid, akan menyebabkan haidnya terhenti sehingga tubuh kekurangan estrogen dan penyerapan kalsium berkurang dengan segala akibatnya.

g. Penggunaan obat dalam waktu lama

Jenis obat yang mengganggu metabolisme tulang antara lain kortikosteroid, sitostatika (metotreksat), anti kejang, anti koagulan (heparin, warfarin)

h. Lingkungan

Lingkungan yang memungkinkan orang tidak terkena sinar matahari dalam jangka waktu lama seperti daerah padat hunian, rumah susun, apartemen.

## 2.2.5 Diagnosis Osteoporosis

### 2.2.5.1 Penentuan Massa tulang

Pengukuran massa tulang dapat memberi informasi massa tulang pada saat itu, dan terjadinya risiko patah tulang di masa yang akan datang. Salah satu prediktor terbaik akan terjadinya patah tulang osteoporosis adalah besarnya massa tulang. Pengukuran massa tulang dihitung berdasarkan massa tulang yang berkaitan dengan kekuatan tulang. Semakin banyak massa tulang yang dimiliki maka semakin kuat tulang tersebut dan semakin besar beban yang dibutuhkan untuk menimbulkan patah tulang. Untuk itu maka pengukuran massa tulang merupakan salah satu alat diagnosis yang sangat penting (Kawiyana 2009).



### 2.2.5.2 Quantitatif Ultrasound (QUS)

QUS mengizinkan kita mengukur transmisi gelombang ultrasound yang ditransmisikan melalui tulang yang dikarakteristikkan dengan velositas transmisi dan amplitudo sinyal ultrasound. Velositas dihitung dengan satuan meter/detik dan menggambarkan kecepatan suara, yang menurun pada tulang osteoporosis. Atenuasi broad band ultrasound dihitung dalam desibel/megahertz dan meningkat pada tulang osteoporosis (Gluer 2008). QUS tidak seperti US biasa yang berdasarkan refleksi gelombang US, termasuk transmisi (transversal atau longitudinal) sinyal US melalui tulang dan deteksi puncak transmisi saat melalui media. Tulang yang diperiksa diletakkan diantara 2 probes, broadcaster dan receiver. Sebagian sinyal US ditransmisikan melalui kortek dan setelah propagasi sepanjang lapisan tulang kortikal yang paralel dengan panjang axis yang diterima oleh transducer ultrasound yang lain pada jarak tertentu (Pisani 2013).

Hasil QUS dapat ditampilkan dengan T scores dan Z scores, akan tetapi tidak dapat diaplikasikan dalam kriteria WHO. QUS dapat membantu penegakan diagnosis tetapi tidak dapat digunakan sendiri untuk diagnosis osteoporosis (Guglielmi et al. 2011).

### 2.2.5.3 Dual-energi X-ray Absorptiometry (DXA)

DXA digunakan secara luas untuk osteoporosis (WHO 1992). DXA sekarang menjadi standart diagnosis osteoporosis menggunakan densitometri tulang. Scanner DXA terdiri dari sumber energi X-ray, sofa untuk pasien dan sistem deteksi yang mendeteksi radiasi yang muncul dari tulang yang diperiksa. Sumber X-ray dibawah sofa dan bergerak bersama sistem detektor yang ditempatkan



berlawanan dengan sumber X-ray dan meliputi seluruh tubuh pasien (Guglielmi et al. 2011).

Pemeriksaan DXA menghasilkan kepadatan tulang monoplanar. Pengukuran yang dilakukan DXA menggambarkan kadar mineral tulang (grams) dan proyeksi area yang dihitung (cm<sup>2</sup>). Membagi kadar mineral tulang per area yang dihitung (gr/cm<sup>2</sup>). Sebagai konsekuensinya pengukuran areal BMD dipengaruhi oleh ukuran tulang, menghasilkan overestimasi sistemik densitas pada tulang yang besar dan underestimasi densitas pada tulang yang lebih kecil. Keuntungan DXA termasuk rendahnya radiasi, rendahnya biaya, mudah digunakan dan pemeriksaan yang cepat. Tetapi karena DXA menggunakan teknik 2D sehingga tidak lepas dari keterbatasan. DXA tidak dapat membedakan tulang kortikal dan trabekular dan tidak dapat membedakan perbedaan geometri tulang pada keadaan densitas tulang yang meningkat (Guglielmi et al. 2011). DXA digunakan secara luas untuk menilai tulang –tulang pusat tetapi tidak mampu menilai tulang kecil (Barwick et al. 2017).

Untuk memonitor perubahan BMD dapat digunakan tulang lengan dan calcaneus (Guglielmi et al. 2011). Alasan menggunakan DXA femur dan tulang belakang adalah pengukuran pada area ini merupakan pengukuran yang paling sesuai untuk memprediksi risiko fraktur pinggul, digunakan untuk memonitor pengobatan tulang belakang. Pemeriksaan DXA central memiliki 3 manfaat utama: mendiagnosis osteoporosis, pengenalan risiko fraktur pasien, dan memonitor respon terapi (Blake & Fogelman 2007).



BMD disimpulkan dengan standard deviation (SD) sebagai T score dan Z score. (Guglielmi et al. 2011) T-scores dihitung dengan membedakan BMD pasien terukur dengan mean BMD pada dewasa sehat disesuaikan dengan jenis kelamin, dan etnis dibagi standart deviasi (SD) populasi dewasa sehat:

$$T\text{-score} = \frac{\text{Measured BMD} - \text{Young adult mean BMD}}{\text{Young adult population SD}}$$

$$\text{Young adult population SD}$$

(Blake & Fogelman 2007)

Untuk menjelaskan hubungan antara BMD dengan risiko fraktur, pengukuran BMD pertama dikonversi menjadi Z-score. Z-score sama dengan T-scores kecuali membandingkan BMD pasien dengan mean dewasa muda, disini menggunakan mean BMD yang diharapkan pada pasien (contoh pasien muda sehat sesuai usia, jenis kelamin, kelompok etnis)

$$Z\text{-score} = \frac{\text{Measured BMD} - \text{Age matched mean BMD}}{\text{Age matched population SD}}$$

$$\text{Age matched population SD}$$

(Blake & Fogelman 2009)

Dalam pemeriksaan massa tulang dengan densitometer DXA kita akan mendapatkan informasi beberapa hal tentang densitas mineral tulang antara lain:

(Kawiyana 2009)

1. Densitas mineral tulang pada area tertentu dalam gram/cm



2. Perbandingan kadar rerata densitas mineral tulang dibandingkan dengan kadar rerata densitas mineral tulang dengan orang dewasa etnis yang sama, yang disebut dengan T Score dalam %.

3. Perbandingan kadar rerata densitas mineral tulang dibandingkan dengan kadar rerata densitas mineral tulang orang dengan umur yang sama dan etnis yang sama, disebut Z Score dalam %.

Ada empat kategori diagnosis massa tulang (densitas tulang) berdasarkan T -score adalah sebagai berikut: (Kawiyana 2009)

1. Normal: nilai densitas atau kandungan mineral tulang tidak lebih dari 1 selisih pokok dibawah rata-rata orang dewasa, atau kira-kira 10% dibawah rata-rata orang dewasa atau lebih tinggi (T -score lebih besar atau sama dengan -1 SD).

2. Osteopenia (massa tulang rendah): nilai densitas atau kandungan mineral tulang lebih dari 1 selisih pokok dibawah rata-rata orang dewasa, tapi tidak lebih dari 2,5 selisih pokok dibawah rata-rata orang dewasa, atau 10 - 25% dibawah rata-rata (T -score antara -1 SD sampai -2,5 SD).

3. Osteoporosis: nilai densitas atau kandungan mineral tulang lebih dari 2,5 selisih pokok di bawah nilai rata-rata orang dewasa, atau 25% di bawah rata-rata atau kurang (T -score di bawah -2,5 SD).

4. Osteoporosis lanjut: nilai densitas atau kandungan mineral tulang lebih dari 2,5 selisih pokok di bawah rata-rata orang dewasa, atau 25% di bawah rata-rata ini atau lebih, dan disertai adanya satu atau lebih patah tulang osteoporosis (T -score di bawah -2,5 SD dengan adanya satu atau lebih patah tulang osteoporosis).



Pemeriksaan DXA dianjurkan pada: (Kawiyana 2009)

1. Wanita lebih dari 65 tahun dengan faktor risiko.
2. Pascamenopause dan usia < 65 tahun dengan minimal 1 faktor risiko disamping menopause atau dengan fraktur.
3. Wanita pascamenopause yang kurus (Indek Massa Tubuh <math>< 19 \text{ kg/m}^2</math>).
4. Ada riwayat keluarga dengan fraktur osteoporosis.
5. Mengonsumsi obat-obatan yang mempercepat timbulnya osteoporosis.
6. Menopause yang cepat (premature menopause).
7. Amenorrhoea sekunder > 1 tahun.
8. Kelainan yang menyebabkan osteoporosis seperti: Anorexia nervosa, Malabsorpsi, Primary hyperparathyroid, Post-transplantasi, Penyakit ginjal kronis, Hyperthyroid, Immobilisasi yang lama, Cushing syndrome
9. Berkurangnya tinggi badan, atau tampak kifosis.

#### 2.2.5.4 Computed Tomography Scanning (CT Scan)

Computed Tomography Scanning (CT scan) adalah prosedur pencitraan diagnostik yang menggunakan sinar X untuk menyajikan gambar penampang multiplanar dari tubuh. Penampang direkonstruksi dari pengukuran koefisien atenuasi X-ray beam di volume obyek yang diteliti (Goldman 2008).

Pada tahun 1972, Godfrey N. Hounsfield dan J. Ambrose yang bekerja di Central Research Lab of EMI (Electric dan Music Industry, Ltd) di Inggris menghasilkan gambar klinis pertama dengan CT Scan dan menjadi tanda awal



perkembangan diagnostik imejing. CT Scan merupakan modalitas pencitraan diagnostik pertama yang mampu menghasilkan gambar penampang lintang bagian internal tubuh dengan memanfaatkan sinar X. Pada dasarnya setiap tubuh manusia dapat diperiksa menggunakan modalitas CT scan (Goldman 2008).

CT scan menghasilkan gambaran berdasarkan absorpsi linier koefisien jaringan yang dilalui. Seluruh body CT scanner dikalibrasi yang sama terhadap atenuasi air menghasilkan angka dalam CT dalam Hounsfield Units (HU), dengan air 0 HU. Area dengan materi atom yang tinggi seperti tulang, lebih menyerap X-rays dan memiliki nilai HU yang tinggi dan terlihat sebagai gambaran putih. Untuk mengubah HU menjadi bone mineral equivalents ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) diperlukan phantom mineral tulang yang sesuai dan termasuk dalam lapang scan (Adams 2009).

Dengan menggunakan whole body CT scanners kalibrasi phantom discan bersama pasien untuk mengkonversi HU menjadi mineral unit tulang. Kalibrasi phantom ini terdiri dari berbagai konsentrasi material yang memiliki karakteristik atenuasi yang sama dengan tulang. Dari regresi atenuasi dan konsentrasi kalibrasi, atenuasi terhitung pada tulang trabekular dapat dikonversi dari HU menjadi bone mineral equivalents dalam  $\text{mg}/\text{cm}^3$  ( $\text{g}/\text{l}$ ) (Adams 2009). Perhitungan densitas tulang belakang rata-rata kemudian dibandingkan dengan populasi sehat. Data normatif yang ada berupa jenis kelamin dan ras. Densitas masing-masing corpus tulang belakang ditentukan kemudian nilai rata-rata seluruh corpus tulang belakang dihitung (Guglielmi et al. 2011).

Banyak penelitian telah menilai kegunaan HU dalam CT untuk menganalisis densitas tulang. HU menggambarkan densitas jaringan berdasarkan

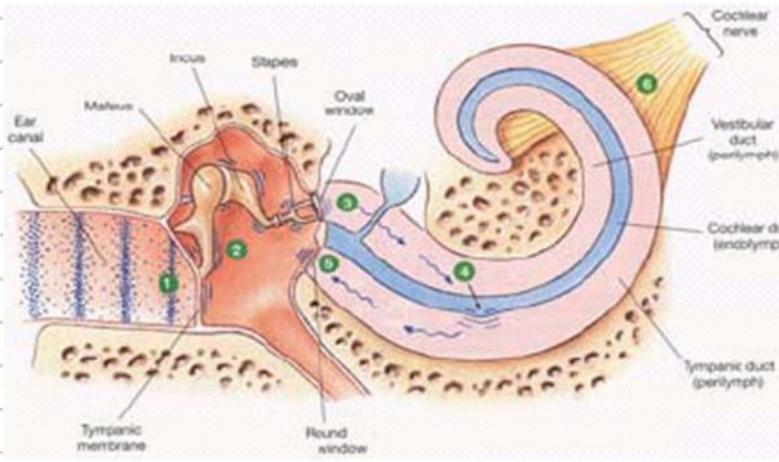


kalibrasi skala level gray, dimana nilai udara (-1000 HU), air (0 HU), dan densitas tulang (+1000 HU) (Maria & Crusoe 2012). High-resolution computed tomography (CT) tulang temporal telah menjadi pilihan metode untuk mengevaluasi telinga tengah. Pengukuran densitas telah terbukti dapat membedakan septum tulang dan ligament (Lemmerling et al. 1997).

### 2.3 Anatomi dan Fisiologi Pendengaran

Secara anatomi telinga dibagi menjadi telinga luar, tengah, dan dalam. Telinga luar terdiri atas aurikel dan kanalis akustikus eksterna. Telinga tengah terdiri dari cavum timpani dan antrum, serta tulang pendengaran (maleus, inkus, stapes) (Gacek 2009).

Pada pars petrosus terdapat telinga dalam yang terdiri dari bagian tulang yang meliputi koklea, vestibulum, dan kanalis semisirkularis. Bagian akhir organ pendengaran berada pada koklea, sedangkan pada vestibulum dan kanalis semisirkularis merupakan bagian organ keseimbangan. Kapsul otik merupakan bagian paling tebal dari tulang temporal yang melingkupi bagian tulang dari telinga dalam. Lapisan membran yang mengandung endolymph dan dilapisi oleh perilymph melapisi bagian tulang dari telinga dalam. Duktus koklearis, utrikulus, sakkulus, duktus semisirkularis, serta duktus dan sakkus endolymph berada pada bagian membranous yang tidak tampak melalui pemeriksaan CT scan. Koklea merupakan struktur spiral yang membentuk  $2\frac{1}{2}$  hingga  $2\frac{3}{4}$  putaran (Juliano et al. 2013)



**Gambar 2.2 Fisiologi pendengaran**

Fisiologi pendengaran. (1) Gelombang suara melalui kanalis akustikus menggetarkan membran tympani; (2) Getaran membran tympani diteruskan oleh tulang-tulang pendengaran; (3) Stapes menghantarkan getaran menuju ke oval window dan menggetarkan perilymph; (4) Getaran cairan perilymph memberi tekanan pada membran koklearis dan mengaktifasi hair cells; (5) Getaran duktus koklearis dihantarkan menuju round window; (6) Rangsangan pada hair cell diubah menjadi aksi potensial dan dihantarkan melalui nervus koklearis (Silvertorn 2012).

Mendengar merupakan suatu persepsi dimana gelombang suara yang dihantarkan melalui udara diubah menjadi tekanan dan selanjutnya dihantarkan sebagai impuls listrik (Gacek 2009). Fisiologi gelombang suara diawali dengan masuknya gelombang suara melalui kanalis akustikus hingga mengenai membran tympani dan menimbulkan getaran pada membran. Getaran membran tympani diteruskan oleh tulang-tulang pendengaran pada telinga tengah (maleus, incus dan stapes). Pergerakan stapes menghantarkan getaran menuju oval window untuk selanjutnya dihantarkan pada perilymph dalam ductus vestibularis. Getaran cairan perilymph menyebabkan tekanan pada membran koklearis yang mengaktifkan reseptor sensoris hair cells. Energi dari tekanan pada duktus koklearis dihantarkan melalui round window, sedangkan tekanan yang diterima oleh hair cell diubah

menjadi aksi potensial yang kemudian mengaktifkan nervus koklearis (Silvercorn 2012). Sinyal dari nervus koklearis dibawa menuju nukleus koklearis pada medulla spinalis dan dilanjutkan ke lobus temporalis sistem syaraf pusat kemudian diubah menjadi persepsi terhadap suara yang didengar (Gacek 2009).

### **2.3.1 Gangguan Fungsi Pendengaran**

Gangguan pendengaran adalah berkurangnya kemampuan mendengar baik sebagian atau seluruhnya, pada salah satu atau kedua telinga, baik derajat ringan atau lebih berat dengan ambang pendengaran rata-rata lebih dari 25 dB pada frekuensi 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz. Ketulian adalah hilangnya kemampuan mendengar pada salah satu atau kedua sisi telinga, merupakan gangguan pendengaran sangat berat dengan ambang pendengaran rata-rata lebih dari 81 dB pada frekuensi 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz (WHO 2015). Berdasarkan organ yang mengalami gangguan tuli dibedakan menjadi:

Tuli konduksi terjadi karena gangguan penghantaran suara mekanis pada telinga tengah untuk mencapai telinga dalam. Gangguan ini dapat disebabkan oleh hambatan pada kanalis eksterna ataupun penyakit yang mempengaruhi kemampuan telinga tengah dalam mentransmisikan energi mekanik melalui stapes. Akibatnya adalah penurunan intensitas suara), sehingga intensitas suara yang mencapai telinga dalam menurun.

Tuli sensorineural terjadi akibat dari disfungsi telinga dalam atau nervus auditorius. Penyebabnya dapat berupa kerusakan organon corti, ketidakmampuan hair cell dalam menstimulasi syaraf pendengaran atau akibat kerusakan nervus auditorius untuk menghantarkan sinyal pendengaran ke pusat pendengaran di otak.





Tuli campuran, merupakan tuli sensorineural yang disertai tuli konduksi (Soetirto et al. 2012).

## 2.4 Tulang Temporal dan Tulang Pendengaran pada Pasien Osteoporosis

Kapsul otik merupakan tulang terpadat dalam tubuh manusia (Shewel 2015). Paska proses osifikasi pada minggu ke-16 kehamilan, proses modeling dan remodeling kapsul otik hampir tidak ada. Pada kondisi normal, hanya sedikit atau bahkan tidak terjadi proses remodeling di kapsul otik (Shewel 2015; Sebahattin et al. 2011). Turnover tulang temporal hanya 0,1% per tahun dibandingkan 10% per tahun turnover pada tulang perifer (Bloch 2010).

Remodeling tulang diatur oleh keseimbangan sitokin dan reseptornya yaitu osteoprotegerin (OPG), Receptor Activator of Nuclear Factor  $\kappa$ B (RANK), dan RANK Ligand (RANKL). RANK Ligand berada di permukaan osteoblas dan berikatan dengan reseptor RANK di permukaan sel prekursor osteoklas, mengakibatkan diferensiasi serta aktivasi osteoklas dan remodeling tulang.

Osteoprotegerin berkompetisi dengan RANKL dalam berikatan dengan reseptor RANK sehingga terjadi penurunan remodeling tulang (Sziklai I, Batta TJ 2009).

Osteoprotegerin (OPG) adalah anggota superfamili reseptor TNF yang disekresikan ke dalam sirkulasi karena tidak memiliki domain transmembran (Setiyohadi 2015). Osteoprotegerin yang disekresikan ke dalam perilmfe diproduksi oleh fibrosit tipe I pada ligamen spiralis di telinga dalam. Tingginya kadar OPG terdeteksi pada telinga dalam (>1000 kali kadar tulang normal) (Bloch 2010). Osteopetrosis (tulang yang sangat keras) dihasilkan dari ekspresi



osteoprotegerin yang berlebih, sedangkan ablasi genetik osteoprotegerin akan menghasilkan osteoporosis, karena tidak adanya hambatan osteoklastogenesis (Setiyohadi 2015).

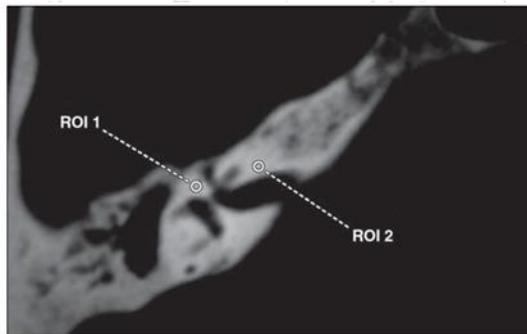
Luo, dkk. menyatakan adanya peran genetik dalam patogenesis osteoporosis. Polimorfisme pada alel G pada gen OPG A163G meningkatkan risiko osteoporosis dan polimorfisme pada alel C pada gen G1181C menurunkan risiko osteoporosis pada wanita paska menopause (Luo et al. 2014). Shewel, dkk menyatakan bahwa kadar OPG tertinggi terdapat pada kapsul otik (basal dan apeks koklea lebih tinggi daripada perilimfe) dibandingkan pada tulang temporal dan tibia (Shewel 2015). Selain itu Kao, dkk menyatakan bahwa defisiensi OPG dapat menyebabkan demyelinisasi dan degenerasi saraf koklearis, mengaktifkan ERK, apoptosis sel ganglion spiralis, serta menghambat proliferasi dan kelangsungan hidup sel punca koklea secara in vitro (Kao et al. 2013).

Demineralisasi kapsul otik dapat menyebabkan degenerasi ligamen spiral, stria vaskularis, dan sel rambut koklea. Defisiensi kalsium dapat mempengaruhi potensial aksi di koklea, defisiensi vitamin D dapat mengganggu metabolisme kalsium sehingga terjadi tuli sensorineural pada penderita osteoporosis (Taneja & Taneja 2012; Kim et al. 2016; Helzner 2005; Bhavya et al. 2016).

Tulang kapsul otik terdiri dari tulang lamelar dengan sedikit kanalis havers dan pembuluh darah serta jaringan tulang yang kompak. Kapsul otik menunjukkan gambaran yang sangat padat pada CT scan (Kahveci et al. 2014). Kapsul otik normal memiliki densitas sekitar 2000 HU (Sebahattin et al. 2011). Er koc menduga



terjadi remodeling tulang pada tulang temporal pars petrosus sebagai penyebab tuli sensorineural pasien gagal ginjal kronis. Penelitian Erkoc melaporkan densitas tulang temporal pars petrosus pasien tuli sensorineural dan gagal ginjal kronis lebih rendah daripada populasi kontrol, terutama pada daerah 1 mm di anterior foramen ovale dan 1 mm di anterior kanal auditori internal. Erkoc menyebutkan bahwa nilai normal HU tulang temporal pars petrosus sekitar  $1909 \pm 54$  HU pada potongan aksial (Fatih Erkoç et al. 2013).



**Gambar 2.3 Pengambilan ROI kapsul otik koklea.**

Pengambilan 2 ROI. ROI 1: 1 mm di anterior foramen ovale, ROI 2: 1 mm di anterior kanal auditori internal (Fatih Erkoç et al. 2013).

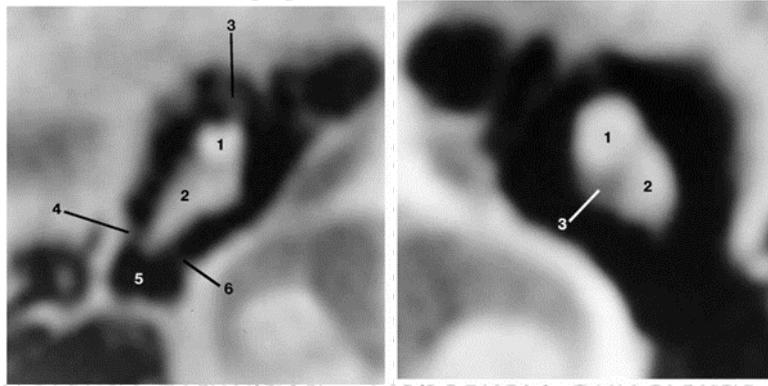
Gambaran lesi hipodens karena demineralisasi tulang kapsul otik dapat terlihat pada pasien osteoporosis. (Kahveci et al. 2014) Heider, dkk. menyatakan bahwa penurunan densitas massa tulang temporal kurang dari 40% dapat tidak terdeteksi dengan CT scan (Heider et al. 2014).

Tulang pendengaran terlihat di cavum tympani. Tulang ini sangat kecil yaitu Malleus, Incus dan Stapes. Tulang-tulang ini membentuk rantai melalui cavum tympani dari membran tympani ke fenestra vestibuli. Malleus adalah ossicle



terbesar dan bentuknya seperti mallet (martil), memiliki kepala, leher, tangan dan processus anterior-lateral. Bentuk incus seperti landasan, memiliki badan dan dua processus. Stapes seperti pedal, memiliki kepala, leher dan dua kaki dan dasar. Panjang rata-rata malleus bervariasi dari 4-7.24 mm pada fetus dan orang dewasa, panjang processus anterior bermacam-macam dan beberapa cukup panjang. Incus memiliki variasi morfologi yang minimal, panjangnya berkisar 4.97-6.94 mm. Stapes memiliki variasi morfologi yang banyak, termasuk tanpa leher, leher yang panjang dan pendek, simetris dan asimetris dengan panjang berkisar dari 2.45-3.8 mm. (Sushma et al. 2016) Tulang maleus dan inkus memiliki densitas sebesar  $1341,6 \pm 133,5$  HU (Meyer et al. 2015).

Demineralisasi pada kapsul otik dan tulang pendengaran dapat menyebabkan gangguan pendengaran. Proses demineralisasi otik kapsul berhubungan dengan peningkatan ambang dengar pada penyakit tulang metabolik seperti penyakit Paget dan osteogenesis imperfecta. Diduga ada kesamaan mekanisme gangguan pendengaran akibat remodeling tulang kapsul otik pada penyakit Paget dan osteoporosis (Bhavva et al. 2016). Tulang-tulang telinga tengah terdiri dari bagian kortikal yang lebih tinggi dan selama osteoporosis mengalami resorpsi yang lambat, oleh karena itu wanita yang mengalami osteoporosis memiliki tenggang waktu mengalami penyakit yang melibatkan tulang termasuk tulang pada telinga tengah (Babich et al. 2009).



**Gambar 2.4 Gambar tulang pendengaran pada CT scan**

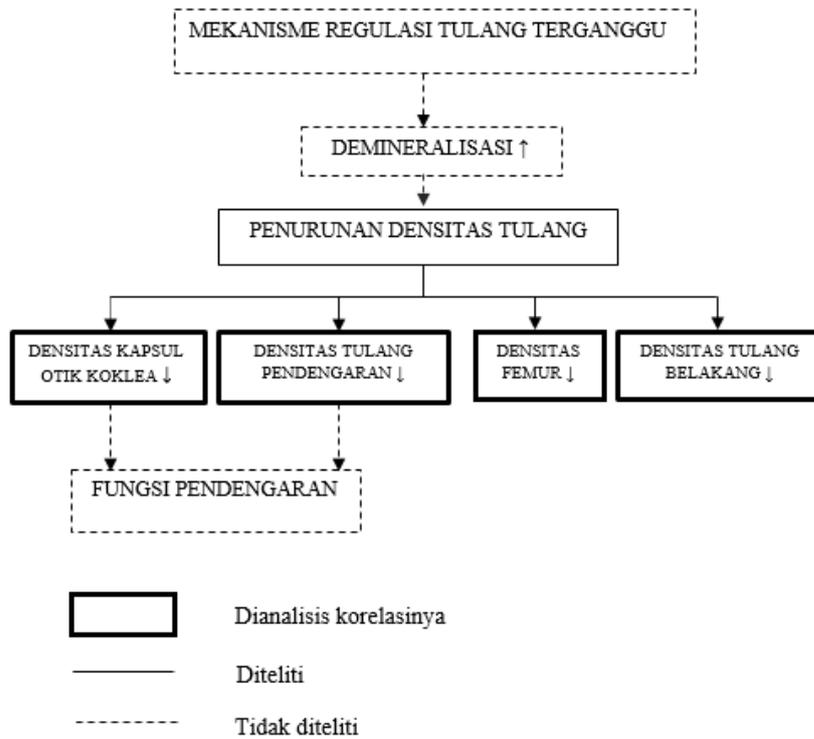
a. CT scan potongan axial ketebalan 1 mm melalui epitympanum normal menunjukkan kepala malleus (1), badan incus dan prosessus pendek (2), ligament malleal anterior (3), bagian lateral ligamen incudal posterior (4), fossa incudal (5), bagian medial ligamen incudal posterior (6).

b. CT scan potongan axial ketebalan 1 mm melalui artikulasi incudomalleal normal menunjukkan kepala malleus (1), badan incus (2), dan ligamen incudomalleal medial (3) (Lemmerling et al. 1997).

## BAB 3

# KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Konsep



### 3.2 Penjelasan Kerangka Konsep

Terganggunya mekanisme regulasi tulang menyebabkan peningkatan demineralisasi tulang yang menyebabkan penurunan densitas tulang. Penurunan densitas tulang ditemui pada pasien osteopenia dan osteoporosis yang merupakan penyakit tulang sistemik. Pada osteoporosis dan osteopenia terjadi penurunan massa tulang termasuk tulang temporal, di mana terdapat kapsul otik dan tulang pendengaran yang dapat mempengaruhi fungsi pendengaran. Peneg...



diagnosa osteoporosis dan osteopenia dilakukan melalui pengukuran densitas femur dan tulang belakang menggunakan DXA, yang merupakan baku emas untuk menghitung densitas mineral tulang berdasarkan guideline WHO. Densitas tulang temporal dan tulang pendengaran dapat diukur dengan menghitung densitas tulang pada Computed Tomography scan (CT scan). Penelitian ini menganalisis korelasi densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran menggunakan HRCT Mastoid terhadap densitas femur dan tulang belakang menggunakan DXA.

### 3.3 Hipotesis Penelitian

1. Terdapat korelasi antara densitas kapsul otik koklea dengan densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
2. Terdapat korelasi antara densitas tulang pendengaran dengan densitas femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
3. Terdapat korelasi antara densitas kapsul otik koklea dengan densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang.

Terdapat korelasi antara densitas tulang pendengaran dengan densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang.



## BAB 4

### METODE PENELITIAN

#### 1.1 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah analisis observasional (*observational analytic*) dengan pendekatan *cross-sectional* dengan pengambilan data secara retrospektif untuk mengetahui korelasi densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran dengan densitas femur dan tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang.

#### 1.2 Tempat dan Waktu Penelitian

##### 1.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi dan Poliklinik Osteoporosis Paviliun Graha Puspa Husada RSUD dr. Saiful Anwar Malang

##### 1.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari hingga Februari 2018. Data akan diambil secara retrospektif dari rekam medis pasien dengan penurunan densitas tulang di poliklinik osteoporosis yang memiliki pemeriksaan HRCT Mastoid selama tahun 2017.



### 1.3 Bahan dan Alat Penelitian

- Hasil pemeriksaan HRCT Mastoid dibaca ulang menggunakan komputer dengan layar 12 inch (12") dan perangkat lunak Radiant DICOM viewer 4.0.3 (64 bit) evaluation version. Semua hasil HRCT Mastoid diambil dengan CT Scan Aquillion 64 detector 128-slice. Prosedure HRCT Mastoid RSSA Malang. Scan detail: 120Kv/100mAs, ketebalan 0.5mmx64slices, Pitch Factor/Helical Pitch 0.641/41.0. Rekonstruksi detail: Kernels Bone High Resolution, slice thickness 1.0 slice interval 1.0. Filter: Filtered Back Projection Filter Convolution 81. Window width 3500, window level +350. Area scan: sisi superior hingga inferior tulang temporal. CT Scan dilakukan oleh Radiografer.
- Pemeriksaan DXA femur-tulang belakang menggunakan alat Densitometro Osseo Unigamma Plus 11b (93/42/CEE) untuk densitometri. Pemeriksaan dilakukan oleh tenaga kesehatan yang telah mendapatkan sertifikat pelatihan *Bone Densitometry Course for Technologist* oleh PEROSI (Persatuan Osteoporosis Indonesia) dan ISCD (*International Society For Clinical Densitometry*).

### 1.4 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 1.4.1 Populasi Penelitian

*Eligible subject* adalah hasil pemeriksaan HRCT Mastoid pasien dengan penurunan densitas tulang dibandingkan dengan hasil DXA femur dan tulang belakang.



## 1.4.2 Sampel Penelitian

### 1.4.2.1 Besar Sampel Penelitian

Prevalensi osteoporosis di RSUD dr Saiful Anwar Malang sebesar 38%,

Penghitungan jumlah sampel pada penelitian ini menggunakan rumus:

$$n = \left( \frac{z\alpha + z\beta}{0,5 \ln \frac{(1+r)}{(1-r)}} \right)^2 + 3$$

$$n = \left( \frac{z\alpha + z\beta}{0,5 \ln \frac{(1+0,5)}{(1-0,5)}} \right)^2 + 3$$

$n = 29$  sampel

$n =$  jumlah subyek

$z\alpha =$  nilai standar alpha

$z\beta =$  nilai standar beta

$r =$  koefisien korelasi minimal yang dianggap bermakna

## 1.5 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

### 1.5.1 Kriteria Inklusi

Pasien dengan penurunan densitas tulang disertai dengan observasi gangguan pendengaran yang memiliki pemeriksaan HRCT Mastoid.

### 1.5.2 Kriteria Eksklusi

1. Pasien dengan densitas tulang normal.



2. Pasien dengan kelainan anatomi telinga, riwayat trauma akustik, trauma kapitis, dan post operasi mastoidektomi.

## 1.6 Variabel Penelitian

### 1.6.1 Variabel Bebas

Densitas femur dan tulang belakang

### 1.6.2 Variabel Tergantung

Densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran

## 1.7 Definisi Operasional

1. Densitas femur dan tulang belakang

- Densitas femur didapatkan dari pengukuran mineral tulang pada leher femur menggunakan Densitometro Osseo Unigamma Plus 11b (93/42/CEE) dan dinyatakan dalam satuan  $g/cm^2$ .

- Densitas tulang belakang didapatkan dari pengukuran mineral tulang rata-rata vertebrae L1-L4 menggunakan Densitometro Osseo Unigamma Plus 11b (93/42/CEE) dan dinyatakan dalam satuan  $g/cm^2$ .

2. Densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran

- Densitas kapsul otik koklea adalah densitas tulang temporal pars petrosus yang merupakan hasil pengukuran densitas area pada tulang temporal pars petrosus pada daerah 1 mm di anterior foramen ovale (ROI 1) dan 1 mm di anterior kanalis akustikus internus (ROI



2). pengukuran dilakukan pada sisi kanan dan kiri berdasarkan hasil pemeriksaan High Resolution CT Scan Mastoid menggunakan High Resolution CT scan Toshiba Aquilon 128 slice dan dinyatakan dalam HU (Honsfeld Unit).

- Densitas tulang pendengaran sisi kanan dan kiri berdasarkan hasil pemeriksaan High Resolution CT Scan Mastoid menggunakan High Resolution CT scan Toshiba Aquilon 128 slice dan dinyatakan dalam HU (Honsfeld Unit).

### 3. Pasien dengan penurunan densitas tulang

Pasien dengan penurunan densitas tulang adalah pasien terdiagnosa osteopenia dan osteoporosis menggunakan DXA Unigamma Plus 11b (93/42/CEE).

- Pasien osteopenia dengan nilai T /BMD kurang dari -1 dan lebih dari -2,5.
- Pasien osteoporosis dengan nilai T /BMD kurang dari sama dengan -2,5.

### 4. Kelainan anatomi telinga, riwayat trauma akustik, trauma kapitis, dan post operasi mastoidektomi dianalisa kembali melalui HRCT Mastoid

## 1.8 Prosedur Penelitian

### 1.8.1 Penentuan Populasi Penelitian

Populasi penelitian adalah hasil pemeriksaan HRCT Mastoid dan DXA pasien dengan penurunan densitas tulang. Daftar pasien akan dicari ke bagian rekam medis poliklinik osteoporosis RSUD dr. Saiful Anwar Malang dengan



menggunakan 'osteopenia' dan 'osteoporosis' sebagai diagnosis. Hasil pemeriksaan HRCT Mastoid dan DXA femur-tulang belakang pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak memenuhi kriteria eksklusi akan diikutkan ke dalam penelitian.

### **1.8.2 Pembacaan Hasil HRCT Mastoid**

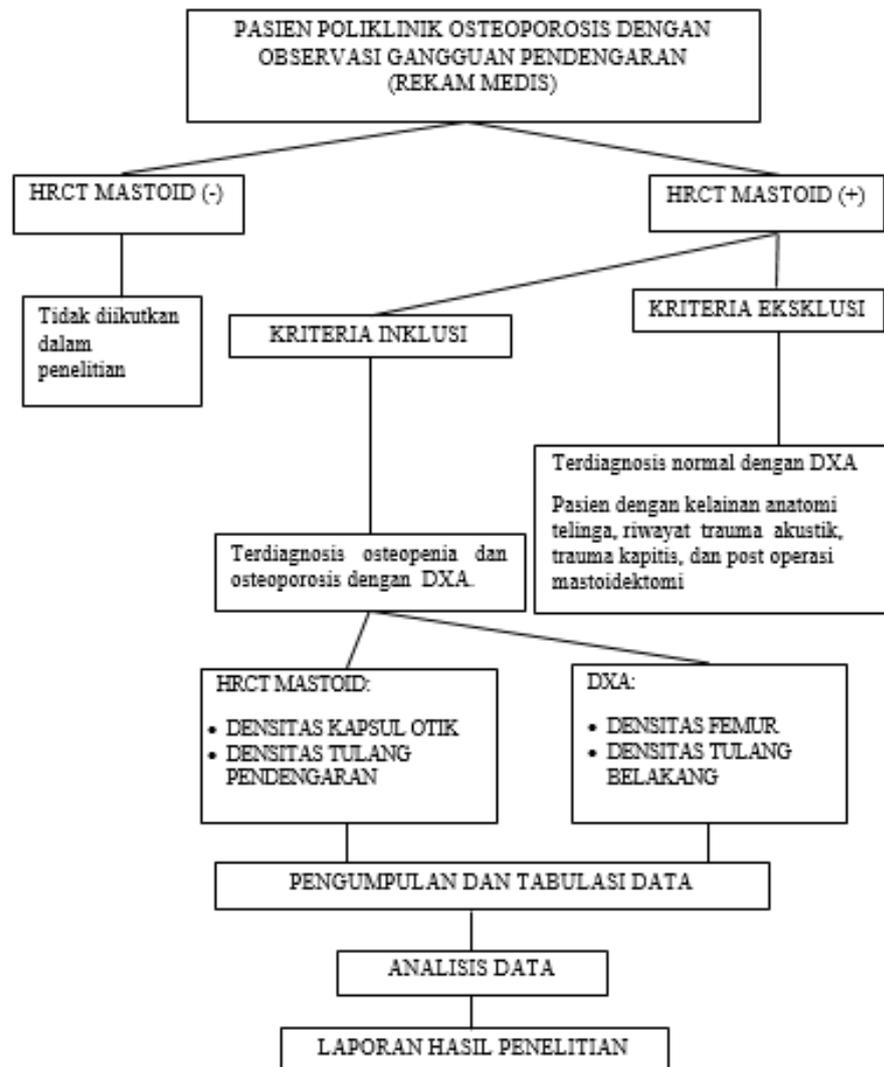
Hasil yang digunakan adalah hasil rata-rata pembacaan ulang HRCT Mastoid oleh dua orang dokter ahli radiologi tanpa mengetahui hasil pemeriksaan DXA.

### **1.8.3 Pembacaan DXA Femur-Tulang Belakang**

Hasil pemeriksaan DXA akan dibaca ulang oleh satu orang dokter penyakit dalam tanpa mengetahui hasil pembacaan HRCT Mastoid.



## 1.9 Kerangka Operasional



## 1.10 Analisis Statistik

Semua data yang diperoleh dari hasil penelitian dicatat dalam buku khusus penelitian (log book) dan disimpan dalam file komputer. Korelasi densitas kapsul otik koklea dan tulang pendengaran terhadap densitas femur dan tulang belakang dianalisis menggunakan uji parametrik Pearson, apabila distribusi data tidak normal maka dilakukan uji non parametrik dengan menggunakan uji Spearman.



### 1.11 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pembuatan proposal penelitian	X					
2.	Persetujuan proposal penelitian	X					
3.	Pengumpulan data		X	X	X		
4.	Pengolahan data					X	
5.	Penulisan laporan						X
6.	Penyajian laporan						X

## BAB 5

### HASIL PENELITIAN

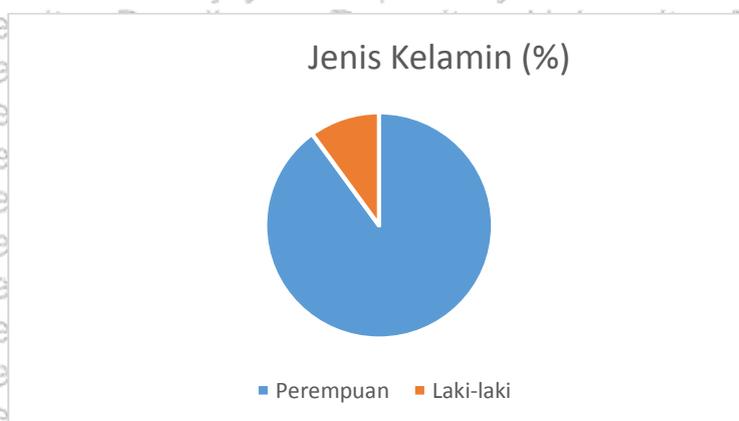
Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Maret 2018 dengan jumlah subyek sebanyak 30. Subyek penelitian terdiri dari 18 osteoporosis dan 12 osteopenia.

#### 5.1 Karakteristik Subyek Penelitian

Karakteristik subyek yang didata dalam penelitian ini meliputi variabel jenis kelamin dan kelompok usia. Subyek penelitian sebagian besar (90%) berjenis kelamin perempuan.

**Tabel 5. 1 Subyek Penelitian Berdasarkan Jenis Kelamin**

Variabel	Osteoporosis		Osteopenia		Total Sampel	
	n (18)	%	n (12)	%	n (30)	%
• Laki-laki	1	3,33	2	6,67	3	10
• Perempuan	17	56,67	10	33,33	27	90



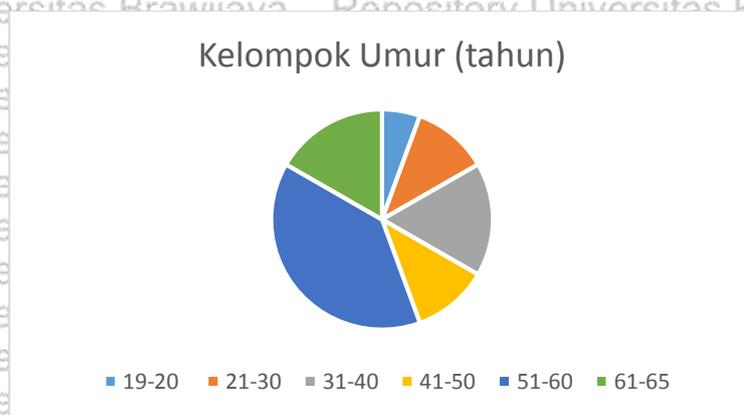
**Gambar 5. 1 Diagram Karakteristik Jenis Kelamin Subyek Penelitian**



Rerata usia kelompok osteoporosis lebih tinggi dibanding kelompok osteopenia yaitu 47 tahun dan 43.5 tahun. Kelompok usia terbanyak pada usia 51 – 60 tahun sebanyak 30 % dan kelompok usia 41-50 tahun sebanyak 20%. Kelompok usia osteoporosis dan osteopenia dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5. 2 Subyek Penelitian Berdasarkan Kelompok Usia**

Variabel	Osteoporosis		Osteopenia		Total Sampel	
	n (18)	%	n (12)	%	n (30)	%
Rerata usia (Tahun)	47		43,58		45,64	
Kelompok usia						
• 19-20 tahun	1	3,33	0		1	3,33
• 21-30 tahun	2	6,67	3	10	5	16,67
• 31-40 tahun	3	10	1	3,33	4	13,33
• 41-50 tahun	2	6,67	4	13,33	6	20
• 51-60 tahun	7	23,33	2	6,67	9	30
• 61-65 tahun	3	10	2	6,67	5	16,67

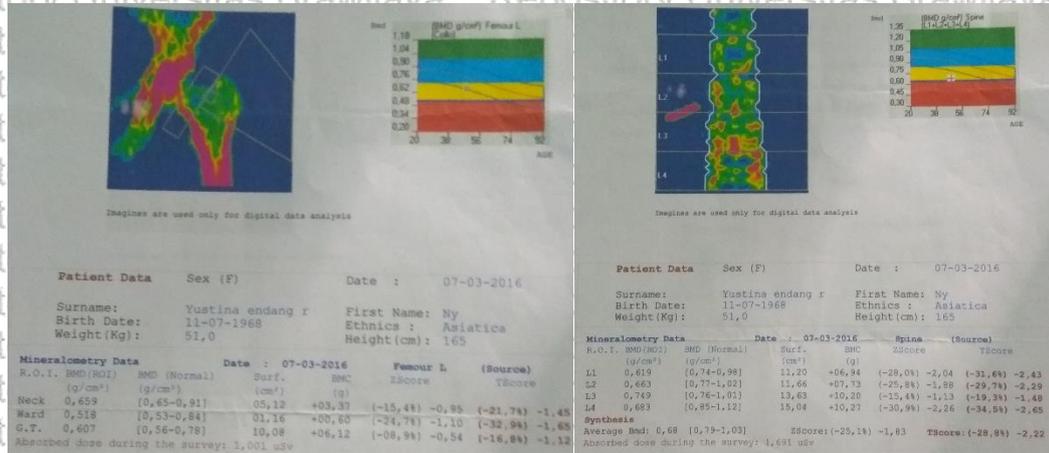


**Gambar 5. 2 Diagram Karakteristik Kelompok Umur Subyek Penelitian**



## 5.2 Hasil Pemeriksaan

### 5.2.1 Hasil Pemeriksaan DXA Leher Femur dan Tulang Belakang

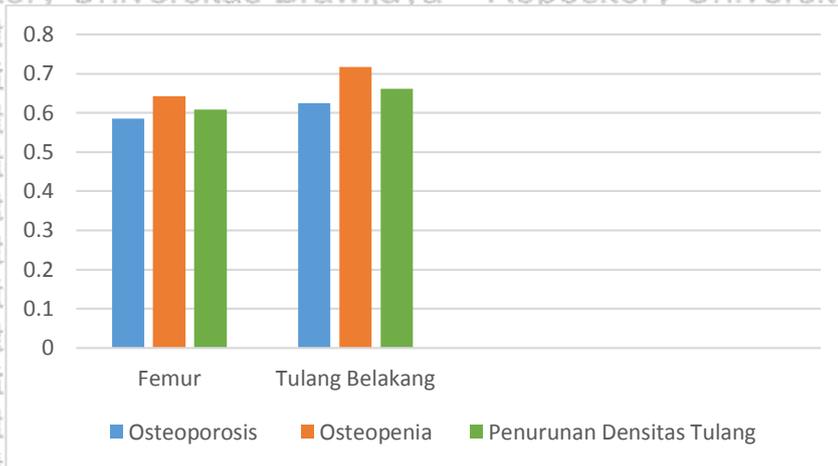


Gambar 5.3 Penentuan Densitas Leher Femur Dan Tulang Belakang

Rerata densitas leher femur dan tulang belakang kelompok osteoporosis lebih rendah dibandingkan osteopenia. Rerata densitas leher femur dan tulang belakang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Densitas leher femur dan tulang belakang

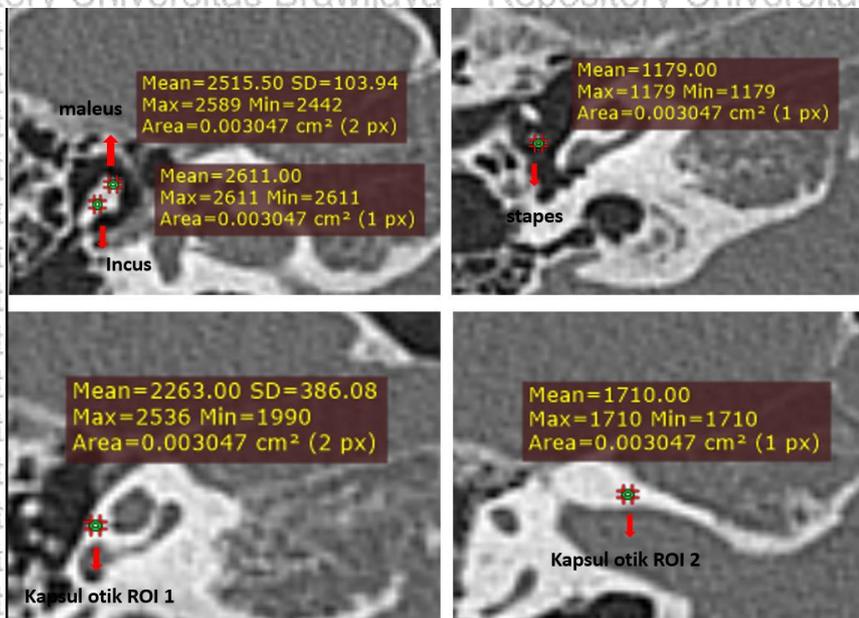
Variabel	Osteoporosis Rerata ± SD (n=18)	Osteopenia Rerata ± SD (n=12)	Penurunan Densitas Tulang
Densitas leher femur (gr/cm <sup>2</sup> )	0,586 ± 0,983	0,642 ± 0,050	0,609 ± 0,086
Densitas tulang belakang (gr/cm <sup>2</sup> )	0,625 ± 0,726	0,718 ± 0,069	0,662 ± 0,084



Gambar 5. 4 Diagram Rerata Densitas Leher Femur dan Tulang Belakang

5.2.2. Hasil Pemeriksaan Densitas Kapsul Otik Koklea dan Densitas Tulang

Pendengaran



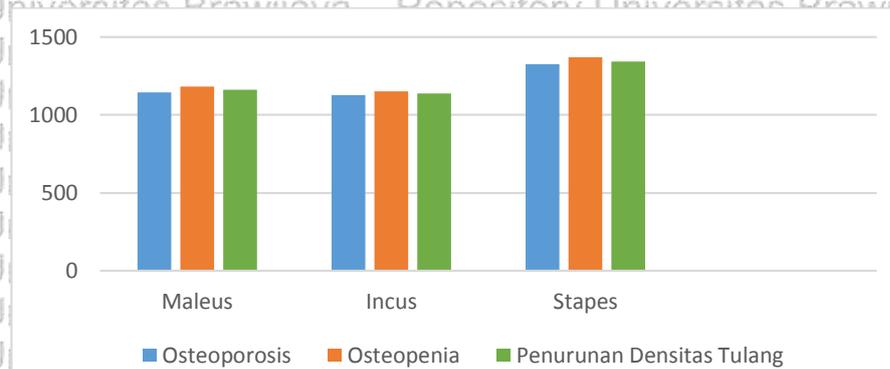
Gambar 5. 5 Penentuan Densitas Maleus, Inkus, Stapes, Kapsul Otik ROI 1, dan Kapsul Otik ROI 2

Dalam penentuan densitas maleus, inkus, stapes, kapsul otik ROI 1, dan kapsul otik ROI 2 1 orang radiolog menggunakan *default window* WL 450 WW 4500 dan 1 orang radiolog menggunakan *bone window* WL 3000 WW 1500. Tidak

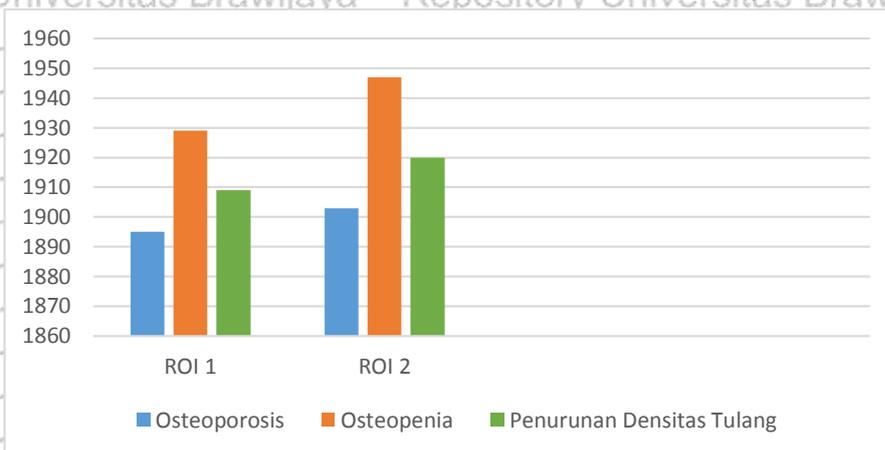
terdapat perbedaan nilai densitas dari hasil masing-masing nilai variabel. Rerata densitas tulang pendengaran, dan kapsul otik koklea kelompok osteoporosis lebih rendah dibandingkan osteopenia. Rerata densitas maleus, inkus, stapes, koklea kapsul otik ROI 1, dan kapsul otik ROI 2 dapat dilihat pada tabel 5.3.

**Tabel 5. 4 Densitas maleus, incus, stapes, kapsul otik koklea**

Variabel	Osteoporosis Rerata ± SD (n=18)	Osteopenia Rerata ± SD (n=12)	Penurunan Densitas Tulang (n=30)
Densitas maleus (HU)	1146,69 ± 84,64	1183,96 ± 70,12	1161,60 ± 80,65
Densitas incus (HU)	1127,50 ± 94,25	1153,29 ± 66,09	1137,81 ± 84,47
Densitas stapes (HU)	1327,87 ± 308,99	1370,02 ± 285,18	1344,73 ± 297,95
Densitas kapsul otik ROI 1 (HU)	1895,64 ± 72,21	1929,83 ± 55,33	1909,31 ± 67,62
Densitas kapsul otik ROI 2 (HU)	1903,41 ± 61,17	1947,08 ± 65,89	1920,88 ± 66,17



**Gambar 5. 6 Diagram Rerata Densitas Maleus, Inkus, dan Stapes**



**Gambar 5. 7 Diagram Rerata Densitas Kapsul Otik ROI 1 dan Kapsul Otik ROI 2**

### 3. Analisis Statistik

#### 5.3.1 Uji Normalitas

Sebelum dilakukan analisis statistik, terlebih dahulu data numerik dilakukan uji normalitas untuk melihat apakah data terdistribusi normal atau tidak.

Dari uji normalitas Shapiro-Wilk, variabel densitas leher femur pada pasien osteoporosis dan osteopenia, densitas tulang belakang pada pasien osteoporosis, densitas maleus pada pasien osteoporosis dan osteopenia, densitas incus pada pasien osteoporosis dan osteopenia, densitas stapes pada pasien osteoporosis dan osteopenia, densitas kapsul otik ROI 2 pada pasien osteoporosis dan osteopenia mempunyai nilai signifikansi  $p > 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk variabel-variabel tersebut berdistribusi normal. Densitas leher femur, tulang belakang, maleus, stapes, kapsul otik ROI 2 pada pasien dengan penurunan densitas tulang juga berdistribusi normal.

Densitas tulang belakang pada pasien osteopenia, densitas kapsul otik ROI 1 pada pasien osteoporosis dan osteopenia, mempunyai nilai signifikansi  $p < 0,05$

setelah ditransformasi sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk variabel tersebut tidak terdistribusi normal. Densitas incus dan kapsul otik ROI 1 pasien dengan penurunan densitas tulang juga tidak terdistribusi normal.

**Tabel 5. 5 Uji Normalitas Variabel**

Variabel	Nilai p	
Densitas Leher Femur	Osteoporosis	0,241*
	Osteopenia	0,877*
	Penurunan densitas tulang	0,753*
Densitas Tulang Belakang	Osteoporosis	0,064*
	Osteopenia	0,023
	Penurunan densitas tulang	0,544*
Densitas Maleus	Osteoporosis	0,910*
	Osteopenia	0,170*
	Penurunan densitas tulang	0,224*
Densitas Incus	Osteoporosis	0,094*
	Osteopenia	0,057*
	Penurunan densitas tulang	0,010
Densitas Stapes	Osteoporosis	0,391*
	Osteopenia	0,540*
	Penurunan densitas tulang	0,759*
Densitas kapsul otik ROI 1	Osteoporosis	0,000
	Osteopenia	0,045
	Penurunan densitas tulang	0,008
Densitas kapsul otik ROI 2	Osteoporosis	0,052*
	Osteopenia	0,751*
	Penurunan densitas tulang	0,093*

Keterangan: \*  $p > 0,05$

### 5.3.2. Uji Beda

Subyek penurunan densitas tulang terdiri dari osteoporosis dan osteopenia.

Perbedaan variabel antara kelompok osteoporosis dan osteopenia dianalisis menggunakan uji T sampel independen untuk variabel numerik yang berdistribusi normal dan uji Mann-Whitney untuk variabel numerik yang tidak berdistribusi normal.



**Tabel 5. 6 Uji Beda Densitas Leher Femur, Tulang Belakang, Tulang Pendengaran dan Kapsul Otik Koklea Penderita Osteoporosis dan Osteopenia**

Kategori	Nilai p
Rerata densitas leher femur	0,083 <sup>a#</sup>
Rerata densitas tulang belakang	0,000 <sup>b</sup>
Rerata densitas maleus	0,079 <sup>a#</sup>
Rerata densitas incus	0,250 <sup>a#</sup>
Rerata densitas stapes	0,596 <sup>a#</sup>
Rerata densitas kapsul otik ROI 1	0,022 <sup>b</sup>
Rerata densitas kapsul otik ROI 2	0,011 <sup>a</sup>

Keterangan: # =  $p > 0,05$  a. Uji T sampel independen b. Uji Mann-Whitney

Berdasarkan hasil analisis uji beda di atas, terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada variabel rerata densitas tulang belakang, kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2 antara kelompok osteoporosis dan osteopenia. Sedangkan variabel rerata densitas leher femur, maleus, incus, dan stapes antara kelompok osteoporosis dan osteopenia tidak menunjukkan perbedaan signifikan ( $p > 0,05$ ).

**Tabel 5. 7 Uji Beda Densitas Maleus, Incus, Stapes, Kapsul Otik ROI 1, dan Kapsul Otik ROI 2 kanan kiri**

Kategori	Nilai p
Rerata densitas Maleus	0,494 <sup>a#</sup>
Rerata densitas Incus	0,530 <sup>b#</sup>
Rerata densitas Stapes	0,371 <sup>a#</sup>
Rerata densitas kapsul otik ROI 1	0,415 <sup>b#</sup>
Rerata densitas kapsul otik ROI 2	0,612 <sup>a#</sup>

Keterangan: # =  $p > 0,05$  a. Uji T sampel independen b. Uji Mann-Whitney

Berdasarkan hasil analisis uji beda di atas, tidak terdapat perbedaan signifikan pada variabel rerata densitas maleus, incus, stapes, kapsul otik ROI 1, kapsul otik ROI 2 kanan dan kiri ( $p > 0,05$ ).



### 5.3.3 Uji Korelasi

Uji hipotesis korelatif untuk mengetahui hubungan antara densitas leher femur dan tulang belakang terhadap densitas tulang pendengaran dan kapsul otik koklea, dan seberapa kuat hubungan tersebut dengan melihat koefisien korelasinya atau nilai  $r$  dan melihat bagaimana arah hubungan antar variabel digunakan uji korelasi Pearson untuk data yang terdistribusi normal dan uji Spearman untuk data yang terdistribusi tidak normal. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi ( $r$ ) semakin kuat hubungan kedua variabel.

**Tabel 5. 8 Uji Korelasi Densitas Leher Femur dan Tulang Belakang Terhadap Tulang Pendengaran dan Koklea**

Variabel	Leher Femur		Tulang Belakang	
	$r$	$p$	$r$	$P$
Maleus	-0,160	0,398 <sup>#</sup>	0,220	0,242 <sup>a#</sup>
Incus	0,093	0,625 <sup>#</sup>	0,027	0,887 <sup>a#</sup>
Stapes	-0,147	0,437 <sup>#</sup>	-0,241	0,200 <sup>a#</sup>
Kapsul Otik ROI 1	0,243	0,196 <sup>#</sup>	0,373	0,042 <sup>b</sup>
Kapsul Otik ROI 2	0,207	0,273 <sup>#</sup>	0,374	0,042 <sup>b</sup>

Keterangan: # =  $p > 0,05$  a. Uji Pearson b. Uji Spearman

Berdasarkan uji Spearman, densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang berkorelasi positif secara signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap densitas kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2. Hal ini menunjukkan semakin rendah densitas tulang belakang maka semakin rendah pula densitas kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2. Koefisien korelasi ( $r$ ) antara densitas tulang belakang dengan kapsul otik ROI 1, dan kapsul otik ROI 2 adalah 0,373 dan 0,374 menunjukkan hubungan yang lemah.



Densitas leher femur tidak menunjukkan hasil korelasi yang signifikan terhadap tulang pendengaran dan koklea. Densitas tulang belakang tidak menunjukkan korelasi yang signifikan terhadap densitas tulang pendengaran.

Densitas leher femur tidak menunjukkan hasil korelasi yang signifikan terhadap tulang belakang dengan nilai  $p$  0,481 dan  $r$  0,134.



## BAB 6

### PEMBAHASAN

Penurunan densitas tulang terjadi karena menurunnya massa tulang, berkurangnya matriks dan mineral tulang disertai rusaknya mikroarsitektur jaringan tulang yang lebih dikenal dengan osteoporosis. (Kawiyana 2009) Osteoporosis primer adalah osteoporosis yang tidak berhubungan dengan penyakit lain dan berhubungan dengan proses penuaan pada laki - laki dan wanita. Osteoporosis paska menopause disebabkan oleh defisiensi estrogen akibat menopause atau andropause pada laki - laki yang berarti berkurangnya hormon testostosterone. Osteoporosis sekunder adalah osteoporosis yang dipengaruhi seperti adanya penyakit yang mendasari, akibat obat-obatan, dan lain sebagainya. Osteopenia merupakan bentuk paling ringan dari hilangnya tulang dan dikatakan sebagai tanda awal osteoporosis. Osteoporosis dan osteopenia merupakan penyakit sistemik dan mempengaruhi semua tulang. (Bhavya et al. 2016) Beberapa penelitian menyatakan bahwa penurunan massa tulang pada osteoporosis juga bisa mengenai tulang temporal, di mana terdapat kapsul otik dan tulang-tulang pendengaran. (Upala et al. 2016a; Kim et al. 2016)

#### 1.1 Karakteristik Subyek Penelitian

Formasi tulang secara normal (aktivitas osteoblastik) dan resorpsi tulang (aktivitas osteoklastik) berjalan seimbang tergantung pada banyak faktor (usia, fungsi endokrin, nutrisi dan genetik). Penyebab osteoporosis adalah ketidakseimbangan resorpsi dan formasi tulang baik fisiologik maupun patologik.



Perempuan memiliki massa tulang yang lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki dan memiliki risiko terjadinya osteoporosis 5 kali dibandingkan laki - laki.

(Choe et al. 2016; Bhavya et al. 2016) Pada penelitian ini sebagian besar subyek penelitian berjenis kelamin perempuan (90%).

Kelompok usia pasien dengan penurunan densitas tulang terbanyak pada kelompok umur 51-60 tahun yaitu sebanyak 30%. Setiyohadi menyatakan bahwa setiap peningkatan umur satu dekade berhubungan dengan peningkatan risiko osteoporosis sebesar 1,4 – 1,8 kali. (Setiyohadi 2015) Hal ini sesuai dengan penelitian Compston dan Ito et al. yang menyatakan bahwa semakin meningkat usia semakin meningkat angka kejadian osteoporosis. (Choe et al. 2016) Bhavya dkk menyatakan bahwa angka kehilangan massa tulang tertinggi terjadi pada tiga sampai enam tahun pertama setelah menopause pada wanita hingga mencapai 20% massa tulangnya. (Bhavya et al. 2016) Penurunan massa tulang akibat proses penuaan mulai terjadi pada dekade 4-5 kehidupan dengan kecepatan 0,3 0,5% per tahun. Kecepatan penurunan massa tulang dapat bertambah hingga 10 kali lipat pada wanita menopause atau laki - laki yang telah menjalani vasektomi.

(Kawiyana 2009) Penelitian oleh Lotz et all menyatakan bahwa diperkirakan 50% wanita diatas 60 tahun mengalami osteoporosis, sedangkan 1 dari 3 wanita dan 1 dari 5 laki-laki berumur 50 tahun keatas mengalami osteoporosis. (Garg & Kharb 2014)

Osteoporosis pada laki – laki lebih sering terjadi pada usia diatas 70 tahun.

(Choe et al. 2016) Pada penelitian ini kelompok usia tertinggi adalah 61-65 tahun, tidak didapatkan pasien dengan usia diatas 70 tahun.



## 6.2 Analisis Nilai Densitas Leher Femur, Tulang Belakang, Kapsul Otitis Koklea dan Tulang Pendengaran

Hasil rerata densitas leher femur, tulang belakang, maleus, incus, stapes, kapsul otik ROI 1, kapsul otik ROI 2 kelompok osteoporosis lebih rendah dibandingkan osteopenia. Pada penelitian ini rerata densitas leher femur pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $0,586 \pm 0,983 \text{ gr/cm}^2$  dan  $0,642 \pm 0,050 \text{ gr/cm}^2$ . Densitas tulang belakang pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $0,625 \pm 0,726 \text{ gr/cm}^2$  dan  $0,718 \pm 0,069 \text{ gr/cm}^2$ . Bhavya menyatakan bahwa osteopenia merupakan bentuk paling ringan dari hilangnya tulang dan merupakan tanda awal osteoporosis. (Bhavya et al. 2016)

Rerata densitas leher femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang lebih rendah dibandingkan dengan rerata densitas tulang belakang yaitu  $0,609 \pm 0,086 \text{ gr/cm}^2$  dan  $0,662 \pm 0,084 \text{ gr/cm}^2$ . Hal ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Del Rio et al 2012 dan Choe et al 2016 menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara tulang belakang dan femur adalah tulang belakang tersusun atas tulang tulang kancellus (72%), sedangkan femur tersusun atas tulang kancellus (25-50% pada proksimal femur) dan tulang kortikal sehingga tulang belakang mungkin memiliki densitas yang lebih rendah dibanding femur (Del Rio et al. 2012; Choe et al. 2016)

Densitas maleus pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $1146,69 \pm 84,69 \text{ HU}$  dan  $1183,98 \pm 70,12 \text{ HU}$ . Densitas incus pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $1127,50 \pm 94,25 \text{ HU}$  dan  $1153,29 \pm 66,06 \text{ HU}$ .

Densitas stapes pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $1327,87 \pm$



308,99 HU dan  $1370,02 \pm 285,18$  HU. Penelitian oleh Meyer menyatakan densitas malleus dan inkus normal sebesar  $1341,60 \pm 133,50$  HU. (Meyer et al. 2015)

Malleus adalah osikel terbesar dan bentuknya seperti *mallet* (martil), memiliki kepala, leher, tangan dan prosesus anterior-lateral. Bentuk incus seperti landasan, memiliki badan dan dua prosesus. Stapes seperti pedal, memiliki kepala, leher dan dua kaki dan dasar. Panjang rata-rata malleus bervariasi dari 4-7.24 mm pada fetus dan orang dewasa, panjang prosesus anterior bermacam-macam dan beberapa cukup panjang. Incus memiliki variasi morfologi yang minimal, panjangnya berkisar 4.97-6.94 mm. Stapes memiliki variasi morfologi yang banyak, termasuk tanpa leher, leher yang panjang dan pendek, simetris dan asimetris dengan panjang sekitar 2.45-3.8 mm. (Sushma et al. 2016)

Densitas kapsul otik ROI 1 pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $1895,64 \pm 72,21$  HU dan  $1929,83 \pm 55,33$  HU. Densitas kapsul otik ROI 2 pada kelompok osteoporosis dan osteopenia adalah  $1903,41 \pm 61,17$  HU dan  $1947,08 \pm 65,89$  HU. Densitas kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2 pada pasien dengan penurunan densitas tulang sebesar  $1909,31 \pm 67,62$  HU dan  $1920,88 \pm 66,17$  HU.

Kapsul otik normal memiliki densitas sekitar 2000 HU. (Shewel 2015)  
Penelitian Erkoc tentang remodeling tulang pada tulang temporal pars petrosus pasien gagal ginjal kronis didapatkan densitas tulang temporal pars petrosus populasi kontrol pada daerah 1 mm di anterior foramen ovale (ROI 1) sebesar  $1909 \pm 54$  HU dan 1 mm di anterior kanalis akustikus internus (ROI 2) sebesar  $1249 \pm 53$  HU. (Fatih Erkoç et al. 2013)



### **6.3 Analisis Beda Densitas Tulang pendengaran dan Kapsul Otik Koklea Kanan dan Kiri**

Tidak terdapat perbedaan signifikan pada variabel densitas tulang pendengaran dan kapsul otik kanan dan kiri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bhavya yang menyatakan bahwa osteoporosis dan osteopenia merupakan penyakit sistemik yang sebagian besar mengenai tulang pinggul dan tulang belakang, namun dapat mempengaruhi semua tulang termasuk tulang telinga. (Bhavya et al. 2016; Upala et al. 2016) Osteoporosis merupakan penyakit tulang metabolik yang paling sering terjadi. (Guglielmi et al. 2011)

### **6.4 Analisis Korelasi Densitas Leher Femur Terhadap Tulang Belakang**

Densitas leher femur tidak menunjukkan hasil korelasi yang signifikan terhadap tulang belakang. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Looker yang menyatakan BMD leher femur dan tulang belakang berkorelasi pada pasien berusia 50 tahun dan lebih. (Looker et al. 2012) Pada penelitian ini korelasi densitas leher femur dan tulang belakang tidak dikelompokkan berdasarkan umur. Penelitian yang dilakukan oleh Del Rio et al 2012 dan Choe et al 2016 menyatakan bahwa BMD tulang belakang dan trochanter memiliki korelasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan karakteristik tulang trochanter yang sama dengan tulang kanelus. Perbedaan signifikan antara tulang belakang dan femur adalah tulang belakang tersusun atas tulang tulang kanelus (72%), sedangkan femur tersusun atas tulang kanelus (25-50% pada proksimal femur) dan tulang kortikal. (Del Rio et al. 2012; Choe et al. 2016)



Terdapat beberapa jebakan dalam mengevaluasi BMD menggunakan DXA diantaranya adanya 6 vertebrae lumbal atau adanya costae 12 yang melayang sehingga mungkin dapat menimbulkan kesalahan mesin dalam menghitung jumlah tulang belakang. Pada keadaan dimana tidak ditemukan costae pada T12 maka T12 akan salah diinterpretasikan sebagai L1 sehingga dapat menurunkan nilai BMD pada L1 hingga L4. Sebaliknya bila ditemukan 6 buah vertebrae lumbal maka L2 dapat dianggap L1 sehingga dapat meningkatkan nilai BMD. (Garg & Kharb 2014)

BMD femur umumnya diukur pada 4 tempat: proksimal leher femur, *total hip*, kondilus dan segitiga Ward. Leher femur bagian proksimal dan kondilus tersusun atas tulang kortikal dan kanselus. (Choe et al. 2016) Pada penelitian ini

BMD femur yang digunakan adalah BMD leher femur. BMD leher femur dapat dipergunakan untuk memperkirakan resiko fraktur menggunakan Fracture Risk Assessment Tool. (Guglielmi et al. 2011) Untuk leher femur angka kejadian osteoporosis lebih tinggi dengan meningkatnya usia. (Schneider et al. 2006) Leher femur telah direkomendasikan menjadi tempat untuk penentuan osteoporosis berdasarkan penelitian berdasarkan epidemiologi, namun beberapa petunjuk klinis masih merekomendasikan pengukuran tulang belakang untuk melihat status tulang.

(Looker et al. 2012) Densitas leher femur dikatakan lebih rendah dibandingkan densitas tulang belakang pada pasien wanita baik pre maupun post menopause.

(Salamat et al. 2008) BMD tulang belakang dapat diabaikan dan penegakan diagnosis dilakukan berdasarkan nilai BMD pada leher femur terutama apabila terdapat perbedaan signifikan antara nilai L1 terhadap L2 dan seterusnya hingga L4 dimana kemungkinan besar adanya keadaan yang dapat meningkatkan nilai BMD diantaranya fraktur, osteosclerosis, dan kalsifikasi aorta. (Garg & Kharb 2014)



## 6.5 Analisis Korelasi Densitas Kapsul Otik Koklea dan Densitas Tulang Pendengaran Terhadap Densitas Leher Femur dan Tulang Belakang

Densitas tulang belakang pada pasien dengan penurunan densitas tulang berkorelasi positif secara signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap densitas kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2. Koefisien korelasi ( $r$ ) antara densitas tulang belakang dengan kapsul otik ROI 1, dan kapsul otik ROI 2 adalah 0,373 dan 0,378 menunjukkan hubungan yang lemah. Densitas leher femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang tidak berkorelasi secara signifikan terhadap densitas tulang pendengaran, kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2.

Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang mengkorelasikan densitas leher femur dan tulang belakang terhadap tulang pendengaran dan kapsul otik koklea. BMD tulang belakang dapat meningkat pada pasien usia tua karena adanya kalsifikasi arteri dan perubahan degeneratif. Manifestasi proses degeneratif tulang belakang pada pasien usia tua menghasilkan peningkatan semua nilai BMD, sehingga mengurangi jumlah pasien osteoporosis pada usia tersebut. Proses degeneratif yang meningkat seiring peningkatan usia umum terjadi pada perempuan, dimana proses ini lebih sering terjadi pada L1-L4 sehingga berdampak pada diagnosis osteoporosis. (Tenne et al. 2013; Schneider et al. 2006) Diantara vertebrae lumbal, L1 memiliki nilai BMD yang paling rendah dan semakin meningkat dari L1 hingga L4. Fraktur pada osteoporosis pada umumnya terjadi pada T7-T9 dan T12-L2. Magnifikasi peningkatan BMD karena adanya osteofit berkisar 9.5% pada level L4 hingga 13.9% pada L1. (Garg & Kharb 2014) Pada penelitian ini BMD tulang belakang dihitung dari rata-rata densitas L1-L4 yang

dengan adanya proses degeneratif menyebabkan peningkatan semu nilai BMD.

Penelitian oleh Liu G et all menyatakan bahwa pengaruh osteofit sangat besar dalam misdiagnosis osteoporosis yaitu sebesar 50% pada laki-laki dan 25% pada wanita dengan osteopenia, 20% laki-laki dan 10% wanita dengan osteoporosis. Rand et all menyatakan bahwa kejadian aorta kalsifikasi sebesar 30% pada usia tua dan pengaruhnya tidak signifikan terhadap nilai BMD. Drinka et all mengatakan bahwa sclerosis facet secara signifikan mempengaruhi nilai BMD.

Artefak lain yang dapat meningkatkan nilai BMD diantaranya kalsifikasi pancreas, batu ginjal, batu empedu, bahan kontras, serta bahan lain seperti klip tantalium yang digunakan pada pembedahan vascular. (Garg & Kharb 2014)

Densitas leher femur pada pasien dengan penurunan densitas tulang tidak berkorelasi secara signifikan terhadap densitas tulang pendengaran, kapsul otik ROI 1 dan kapsul otik ROI 2. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukukan oleh Clark dkk yang membuat hipotesis bahwa densitas massa tulang femur mungkin dapat menggambarkan densitas tulang temporal (Yeh et al. 2015).

Perubahan struktural yang mempengaruhi DXA proksimal femur lebih sedikit dibandingkan dengan tulang belakang. Peningkatan nilai BMD pada leher femur dan Ward's area dapat disebabkan oleh osteoarthritis sendi pinggul. Untuk pasien dengan osteoarthritis sendi pinggul digunakan nilai BMD pada trochanter, dimana BMD trochanter tidak terpengaruh pada keadaan ini. Ward's area sebaiknya tidak digunakan untuk menginterpretasi BMD (Garg & Kharb 2014). Pada penelitian ini menggunakan data retrospektif sehingga tidak diketahui adanya riwayat osteoarthritis pada sendi pinggul yang dapat meningkatkan nilai BMD pada leher femur.





Kapsul otik yang berada di pars petrosus tulang temporal terdiri dari tulang lamelar dengan sedikit kanalis havers dan pembuluh darah serta jaringan tulang yang kompak. Dalam keadaan normal kapsul otik menunjukkan gambaran yang sangat padat pada pemeriksaan CT scan. (Kahveci et al. 2014) Kapsul otik koklea telah matur saat kelahiran ( $>1000$  HU) dan densitasnya ditemukan tetap konstan hingga dewasa ( $2009 \pm 63.9$  HU, mean  $\pm$  SD) (Takahashi et al. 2017). Kapsul otik juga tersusun atas komponen tulang kanselus yang dapat mengalami demineralisasi sehingga menyebabkan gangguan pendengaran sensorineural. (Lee et al. 2018)

Gambaran lesi hipodens karena demineralisasi tulang kapsul otik dapat terlihat pada pasien osteoporosis. (Kahveci et al. 2014) Heider et al menyatakan bahwa densitas massa tulang temporal yang menurun kurang dari 40% dapat tidak terdeteksi dengan CT scan. (Heider et al. 2014)

Tulang - tulang pendengaran pada telinga tengah adalah tulang paling kecil pada tubuh manusia dan memiliki fungsi yang kompleks. Tulang – tulang ini berada pada tulang temporal sehingga sulit untuk dipelajari. (Eiber et al. 2012) Pada usia kehamilan 20 minggu tulang pendengaran masih terdiri dari tulang rawan dan mengalami ossifikasi pada usia kehamilan 24 minggu. Tulang pendengaran ini terbentuk sempurna pada usia sekitar 5 bulan dan mengalami penambahan ukuran hingga mencapai ukuran orang dewasa. Perubahan morfometri tulang pendengaran pada orang dewasa sangat minimal. (Sushma et al. 2016)

Tulang-tulang telinga tengah terdiri dari bagian kortikal yang lebih tinggi dan selama osteoporosis mengalami resorpsi yang lambat, oleh karena itu wanita yang mengalami osteoporosis memiliki tenggang waktu mengalami penyakit yang melibatkan tulang termasuk tulang pada telinga tengah (Babich et al. 2009).



Penelitian Gruber menyatakan bahwa struktur tulang pendengaran identik dengan struktur tulang panjang. Pernyataan serupa dinyatakan oleh Grippaudo bahwa tulang pendengaran merupakan miniatur tulang panjang. Struktur incus yang sama dengan tulang panjang yakni terdiri dari pola lamellar dinyatakan oleh Attanasio et al. Tulang pendengaran tersusun atas tulang kortikal yang tersusun konsentris, terdapat banyak ruang sumsum pada bagian *body* sesuai dengan penelitian Frederic J. Pollock. Pada incus terdapat periosteum yang terdiri dari jaringan ikat padat yang dilapisi mukosa epitel squamous sederhana. *Body* dan badan tulang pendengaran merupakan tulang kompak dengan bagian cincin konsentris yang tersusun tidak teratur. Namun penelitian oleh Eggston dan Wolff menyatakan bahwa stapes tidak tersusun atas ruang sumsum. Grippaudo menyatakan bahwa incus memiliki vascularisasi minimal dan tersusun atas tulang kanelus. (Shubhpreet et al. 2016) Densitas yang rendah pada tulang pendengaran didapatkan karena adanya struktur pembuluh darah. (Sim & Puria 2008) Pada stapes struktur vascular ini lebih sulit terdeteksi karena strukturnya yang tipis. (Eiber et al. 2012)

## 6.6 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan data retrospektif sehingga sulit untuk mendapatkan informasi tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi densitas tulang seperti gangguan hormonal (tiroid, paratiroid, insulin dan glucocorticoid), aktivitas fisik, kebiasaan mengonsumsi alkohol, kopi, minuman yang mengandung kafein, dan rokok yang berlebih, asupan gizi, paparan sinar matahari, konsumsi obat yang mengganggu metabolisme tulang antara lain kortikosteroid, sitostatika (metotreksat), anti kejang, anti koagulan (heparin, warfarin).



## BAB 7

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

- Densitas tulang belakang berkorelasi secara signifikan yang bersifat positif dengan hubungan yang lemah terhadap densitas kapsul otik pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
- Densitas leher femur tidak berorelasi dengan densitas tulang pendengaran dan kapsul otik koklea; densitas tulang belakang tidak berkorelasi dengan densitas tulang pendengaran pada pasien dengan penurunan densitas tulang.
- Rerata densitas leher femur, tulang belakang, maleus, incus, stapes dan kapsul otik kelompok osteoporosis lebih rendah dibandingkan kelompok osteopenia.
- Terdapat perbedaan signifikan pada variabel rerata densitas tulang belakang dan kapsul otik antara kelompok osteoporosis dan osteopenia.
- Rerata densitas leher femur memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan tulang belakang pada pada pasien dengan penurunan densitas tulang.

#### 7.2 Saran

- Perlunya pemeriksaan ambang dengar pada pasien penurunan densitas tulang (terutama di tulang belakang) dengan keluhan gangguan pendengaran yang berobat di klinik osteoporosis RSSA.



- Melakukan penelitian yang serupa dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi BMD seperti gangguan hormonal (tiroid, paratiroid, insulin dan glucocorticoid), aktivitas fisik, kebiasaan mengkonsumsi alkohol, kopi, minuman yang mengandung kafein, dan rokok yang berlebih, asupan gizi, paparan sinar matahari, konsumsi obat yang mengganggu metabolisme tulang antara lain kortikosteroid, sitostatika (metotreksat), anti kejang, anti koagulan (heparin, warfarin).
- Melakukan pengukuran BMD tulang belakang yang diambil secara lateral sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat.