

**KARYA AKHIR**

**HUBUNGAN ANTARA KADAR TESTOSTERON SERUM  
DENGAN OSTEOPOROSIS (INDEKS SINGH)  
PADA PRIA USIA LANJUT**

**RELATIONSHIP BETWEEN SERUM TESTOSTERONE LEVELS  
AND OSTEOPOROSIS (SINGH INDEX)  
IN ELDERLY MEN**

**ANDI RATU ALAM  
NIM C104215102**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.-1)  
PROGRAM ILMU BEDAH  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

HUBUNGAN ANTARA KADAR TESTOSTERON SERUM  
DENGAN OSTEOPOROSIS (INDEKS SINGH)  
PADA PRIA USIA LANJUT

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Spesialis Bedah

Program Studi Ilmu Bedah

Disusun dan diajukan oleh

dr. Andi Ratu Alam

C104215102

KARYA AKHIR

Kepada

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.-1)  
PROGRAM ILMU BEDAH  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**HUBUNGAN ANTARA KADAR TESTOSTERON SERUM  
DENGAN OSTEOPOROSIS (INDEKS SINGH)  
PADA PRIA USIA LANJUT**

Disusun dan diajukan oleh

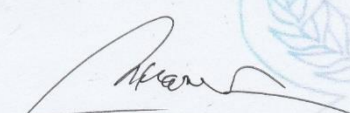
**Andi Ratu Alam**  
C104215102

Telah dipertahankan di depan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Pendidikan Dokter Spesialis-1 Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 September 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

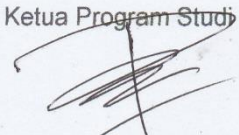
Pembimbing Pendamping

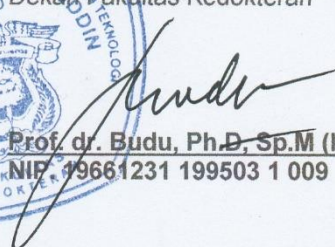
  
dr. Andi Muh. Nasser Mustari, SpOT  
NIP. 19671223 199803 1 002

  
DR. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM  
NIP. 19830727 200912 1 005

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas Kedokteran

  
Dr. dr. Prihantono, Sp.B(K)Onk, M.Kes  
NIP. 19740629 200812 1 001

  
Prof. dr. Budu, Ph.D, Sp.M (K),M.MedEd  
NIP. 19661231 199503 1 009

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : dr. Andi Ratu Alam

NIM : C104215102

Program Studi : Ilmu Bedah

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang saya tulis benar-benar merupakan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 Oktober 2021



Yang Menyatakan

dr. Andi Ratu Alam

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yaitu **dr. A. Muh. Nasser Mustari, Sp.OT, dr. Jufri Latief, Sp.B, Sp.OT** dan **Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM**, atas segala bantuan dan bimbingan yang diberikan selama proses pengerjaan dan penyelesaian penelitian ini.

Rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada dosen-dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran dan masukan demi perbaikan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran, Ketua Departemen Ilmu Bedah, Ketua Program Studi Ilmu Bedah, Sekretaris Program Studi Ilmu Bedah, dan Ketua Program Pendidikan Dokter Spesialis Fakultas Kedokteran atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan Pendidikan PPDS Fakultas Kedokteran Universitas Hasanudiin.

Terimakasih yang tak terhingga penulis ucapkan kepada Ayahanda Baso Aco Mappedang, S.Pd dan ibunda Andi Welle, istri tercinta dr. Andi Marcha Rianti serta ke 3 buah hati kami dan keluarga besar lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah mengerti, mendoakan, mendukung dan mencurahkan perhatian yang besar selama menjalani pendidikan ini.

Terimakasih penulis ucapkan kepada para Guru Besar dan seluruh staf pengajar Departemen Ilmu Bedah atas segala bimbingan dan arahnya selama penulis mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis. Semoga ilmu yang penulis dapatkan selama pendidikan ini dapat diamankan dan dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk kepentingan masyarakat luas.

Terimakasih penulis ucapkan untuk rekan Angkatan Juli 2015, atas segala saran, dukungan dan bantuannya selama proses pendidikan. Terima kasih juga kepada seluruh staf pegawai Bagian Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, rekan-rekan sejawat dan perawat staf kamar operasi yang telah banyak membantu selama proses pendidikan.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang turut berperan serta dalam penyelesaian karya akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu. Semoga Allah Subhanahu Wata'ala memberikan rahmat kesehatan dan berkat yang melimpah dan semoga karya akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan

Makassar, 24 Oktober 2021



Andi Ratu Alam

## ABSTRAK

**ANDI RATU ALAM.** *Hubungan antara Kadar Testosteron Serum dan Osteoporosis (Indeks Singh) pada Pria Usia Lanjut (dibimbing oleh Muhammad Nasser Mustari, Jufri Latief, dan Andi Alfian Zainuddin).*

Penelitian ini bertujuan menentukan kadar testosteron serum pria usia lanjut; menentukan derajat osteoporosis dengan Indeks Singh pada pria usia lanjut; dan hubungan antara kadar testosterone dan derajat osteoporosis (Indeks Singh) pada pria usia lanjut.

Penelitian ini menggunakan pendekatan potong lintang. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan dan RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar selama Januari hingga Juni 2021. Populasi penelitian adalah pria berusia di atas lima puluh tahun. Data diolah dengan aplikasi SPSS versi 20. Hasil pengujian dikatakan bermakna jika  $p \leq 0,05$ .

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar testosteron  $117,88 \pm 110,22$  ng/dl, derajat osteoporosis dengan Indeks Singh pada pria usia lanjut terbanyak di level Indeks Singh 3 (osteoporosis) berjumlah 14 orang (26%). Nilai yang didapatkan adalah  $p < 0,001$ . Artinya, terdapat korelasi antara kadar testosteron serum pada pria usia lanjut dengan derajat osteoporosis menggunakan Indeks Singh.

Kata kunci: Indeks Singh, osteoporosis, testosterone, studi *cross sectional*



## ABSTRACT

**ANDI RATU ALAM:** *Correlation Between Serum Testosterone Level and Osteoporosis (Singh Index) in Elderly Men* (supervised by **Muhammad Nasser Mustari, Jufri Latief, and Andi Alfian Zainuddin**)

The aims of this study are to determine serum testosterone level in elderly men, determine the grading of osteoporosis with the Singh Index in elderly men, and determine the correlation between testosterone level and the degree of osteoporosis (Singh's Index) in elderly men. Low testosterone level in older men causes a decrease in bone mass density. Steroid sex hormones have an important role in regulating bone formation and bone mass in both men and women. Singh index is an affordable and straightforward method of determining bone mass density (BMD) at the fracture site.

This cross-sectional study was conducted at our institution starting in January 2021. The study population was men over 50 years of age. The data were processed using SPSS version 20 program. The test results were significant if  $p$  was  $<0.05$ .

The results of the study show that the average testosterone level is  $117.88 + 110.22$  ng/dl; osteoporosis grading with Singh's index in older men is highest at Singh Index 3 (definitive osteoporosis) consisting of 14 people (26%). The  $p$ -value is  $<0.001$ , which means that there is a correlation between serum testosterone levels in older men and the degree of osteoporosis using the Singh Index.

Keywords: Singh Index, Osteoporosis, Testosterone, Cross-sectional study.





## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG .....	i
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GRAFIK .....	xii
DAFTAR BAGAN .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang Masalah .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	4
I.3. Tujuan Penelitian .....	4
I.4. Manfaat Penelitian .....	5
I.5. Hipotesis Penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.	
II.1. Struktur Tulang .....	6
II.2. Osteoporosis Pada Pria .....	11
II.3. Testosteron .....	17
II.4. Indeks Singh .....	21

<b>BAB. III. KERANGKA PEMIKIRAN</b>	
III.1. Kerangka Teoritis .....	27
III.2. Kerangka Konsep .....	28
<b>BAB IV. METODE PENELITIAN</b>	
IV.1. Jenis Penelitian .....	29
IV.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
IV.3. Populasi dan Sampel .....	29
IV.4. Besar Sampel .....	30
IV.5. Defenisi Operasional .....	31
IV.6. Rencana Pengolahan dan Analisa Data .....	31
IV.7. Alur Penelitian .....	32
IV.8. Identifikasi dan Klasifikasi Variabel .....	33
IV.9. Cara Kerja .....	33
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
V.1 Hasil Penelitian .....	34
V.2 Pembahasan .....	37
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
VII.1 Kesimpulan .....	47
VII.2 Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN .....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Korelasi pearson antara BMD dan Hormon berdasarkan umur .....	14
<b>Tabel 2.</b> Data demografi hubungan antara kadar testosteron serum dengan derajat osteoporosis .....	34
<b>Tabel 3.</b> Kadar Testosteron serum pria usia lanjut .....	35
<b>Tabel 4.</b> Grading osteoporosis dengan Indeks Singh pada pria usia lanjut ....	35
<b>Tabel 5.</b> Uji korelasi pearson kadar testosteron dengan derajat osteoporosis (Indeks Singh) pada pria usia lanjut .....	36

## DAFTAR GRAFIK

- Grafik 1.** Scatter plot correlation antara antara kadar testosteron serum dengan derajat osteoporosis menggunakan Indeks Singh ..... 37

## DAFTAR BAGAN

<b>Bagan 1.</b> Metabolisme testosteroone .....	19
<b>Bagan 2.</b> Kerangka teori .....	27
<b>Bagan 3.</b> Kerangka konsep .....	28
<b>Bagan 4.</b> Alur penelitian .....	32

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Cutting cone dalam proses remodelling .....	10
<b>Gambar 2.</b> Skema diagram group trabekula normal .....	23
<b>Gambar 3.</b> Singh indeks grade 6 .....	24
<b>Gambar 4.</b> Singh indeks grade 5 .....	24
<b>Gambar 5.</b> Singh indeks grade 4 .....	25
<b>Gambar 6.</b> Singh indeks grade 3 .....	25
<b>Gambar 7.</b> Singh indeks grade 2 .....	26
<b>Gambar 8.</b> Singh indeks grade 1 .....	26

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Osteoporosis adalah berkurangnya kepadatan massa tulang. Penyakit ini biasa terjadi pada usia lanjut. Osteoporosis merupakan permasalahan kesehatan masyarakat utama di dunia. Hal ini disebabkan pembiayaan kesehatan yang besar, tingkat morbiditas yang tinggi, disabilitas hingga mortalitas yang cukup signifikan. Di USA, 10 juta orang menderita osteoporosis, dan 18 juta orang mempunyai massa tulang yang rendah yang beresiko menderita penyakit ini. Delapan puluh persen adalah wanita postmenopause. Pada tahun 1996, the National Osteoporosis Foundation memperkirakan lebih dari 400.000 yang dirawat di rumah sakit, 2,5 juta kunjungan praktek dokter, dan 180 ribu dirawat rumah penderita fraktur osteoporosis. Di USA, diperkirakan biaya perawatan untuk osteoporosis setiap tahun adalah 14 milyar dollar amerika. Di Australia diperkirakan 60% wanita dan 30% laki-laki menderita fraktur osteoporosis setelah umur 60 tahun. Terdapat lebih dari 15.000 fraktur panggul tahun 1996 di Australia akibat osteoporosis dengan biaya sekitar 1,9 milyar. Menurut data Puslitbang Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia, penderita osteoporosis di Indonesia telah mencapai 19,7%. (Campion, J.M and M.J, Maricic. 2013; Gordana, M.P.2011; Kirk, D and S.A Fish. 2014).

Pada usia 50 tahun, pria dan wanita mulai mengalami kehilangan massa tulang. 1 dari 8 pria berusia diatas 50 tahun akan mengalami fraktur akibat osteoporosis. Kira-kira 4-6% pria dengan usia di atas 50 tahun akan menderita osteoporosis dan 33-47 % akan mengalami osteopenia. Angka kesakitan dan

kematian pada pria lebih tinggi dua sampai tiga kali dibandingkan wanita jika terjadi fraktur osteoporosis. Fraktur pada pria tua secara klinis merupakan masalah kesehatan yang serius, karena 1/3 dari fraktur pada orang tua terjadi pada pria. Resiko fraktur osteoporotik pada pria kulit putih umur 60 tahun keatas diperkirakan sekitar 21% di Inggris dan Wales, dan 15% di Australia. Pada umur lebih dari 75 tahun, angka mortalitas fraktur panggul lebih tinggi pada pria dibanding wanita. Fraktur osteoporotik pada tulang panggul memerlukan perhatian yang serius dan sering membutuhkan tindakan operasi untuk stabilisasi. penderita dengan fraktur panggul, 1/2 menderita cacat permanen dan memerlukan pertolongan orang lain, dan 20-25% membutuhkan perawatan jangka panjang. Kira-kira 12-25% pasien dengan fraktur panggul meninggal dunia dalam 6 bulan dari trauma akibat konsekwensi, komplikasi fraktur atau karena immobilitas yang lama (Campion, J.M and M.J, Maricic. 2013; Kirk, D and S.A Fish. 2014).

Osteoporosis dibedakan atas osteoporosis primer, dan sekunder. Osteoporosis primer terjadi tanpa diketahui faktor resiko, sedangkan osteoporosis sekunder terjadi akibat faktor resiko. Dilaporkan kejadian osteoporosis sekunder sekarang tinggi pada usia lanjut. Penyebab osteoporosis sekunder pada pria usia lanjut adalah hipogonadisme (penurunan kadar hormon testosteron), penggunaan glukokortikoid, obat immunosupresan, antikonvulsan, alkohol yang berlebihan, merokok, hipokalsemia, hipertiroidea, hiperparatiroid, dan hipogonadism (menurunnya kadar hormon tstosteron). Kadar testosteron yang rendah pada pria usia lanjut menyebabkan menurunnya densitas massa tulang. Hormon seks steroid mempunyai peranan penting dalam regulasi pembentukan tulang dan massa tulang



pada laki-laki dan perempuan. MrOS study di USA menemukan bahwa penurunan kadar testosteron menyebabkan peningkatan 2.5 kali resiko fraktur non-spine. Pemberian testosteron gel selama 24 bulan pada 10 penderita hipogonadism memberikan gambaran perbaikan arsitektur trabekula tulang tibia yang dievaluasi melalui microMRI (*resonance imaging*). Pada studi prospektif dan retrospektif jangka panjang, membuktikan bahwa *testosterone replacement* pada hipogonadisme dapat memperbaiki kepadatan massa tulang (BMD) pada tulang spinal dan leher femur. Testosterone lebih efektif memperbaiki BMD dibanding *nonaromatizable androgen* lain seperti *nandrolone*. Kadar testosteron bebas serum pada pria rendah (<200 ng/dl atau 312 pmol/L) sudah dapat dilakukan terapi testosteron (Bilezikian J.P. 2015; Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Rochira, V. A, Balestrieri. and B, Madeo. 2016; Vaizuran, N.M., I.N, Soelaiman and K.Y, Chin. 2016).

Testosteron merupakan hormon androgen utama pada pria. Defisiensi testosteron ditemukan sekitar 71% pada pria usia tua yang menderita fraktur pelvis dibandingkan 32% pada kontrol. Penelitian cross sectional menunjukkan hubungan antara serum testosteron dan *bone mass density* (BMD). Pada pria usia tua dengan defisiensi testosteron, dimana kadar testosteron preterapi kurang dari 6.9 nmol/L memberikan efek yang signifikan peningkatan BMD dengan *testosteron replacement*. Daniell melaporkan insidens fraktur osteoporotik 14% pada pasien post orchiektomi dibandingkan 1% yang tanpa orchiektomi. Androgen secara langsung mengatur berbagai aspek proses sel osteoblastik yang meliputi proliferasi, differensiasi, mineralisasi dan ekspresi gen yang menyebabkan stimulasi

pembentukan tulang. Efek testosteron terhadap pembentukan kepadatan tulang dapat secara langsung melalui reseptor testosteron dan secara tidak langsung melalui aromatase menjadi estradiol (reseptor estrogen) yang mempengaruhi sel-sel osteoblas (Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Vaizuran, N.M., I.N, Soelaiman and K.Y, Chin. 2016).

Untuk hal tersebut di atas, peneliti tertarik melihat hubungan kadar testosteron serum dengan derajat osteoporotik (menurut Indeks Singh) pada pria usia lanjut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut: Apakah terdapat hubungan antara kadar testosteron serum dengan derajat osteoporosis (menurut Indeks Singh) pada pria usia lanjut?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

- a. Menentukan kadar testosteron serum pria usia lanjut.
- b. Menentukan grading osteoporosis dengan Indeks Singh pada pria usia lanjut.
- c. Menentukan hubungan antara kadar testosteron dengan derajat osteoporosis (Indeks Singh) pada pria usia lanjut

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan**

Sebagai informasi ilmiah tentang hubungan hubungan antara kadar testosterone serum dengan derajat osteoporosis (Indeks Singh) pada pria usia lanjut.

### **1.3.2 Manfaat bagi Klinisi**

- a. Memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh kadar testosteron pada derajat osteoporosis
- b. Menjadi pedoman untuk melakukan pencegahan osteoporosis pada pasien dengan penurunan kadar testosteron
- c. Menjadi pedoman pada saat melakukan terapi testosteron replacement pada pasien osteoporosis.

## **I.5. Hipotesis Penelitian**

H<sub>0</sub> :Tidak ada hubungan antara kadar testosteron serum dengan derajat osteoporosis pada pria usia lanjut

H<sub>1</sub> : Ada hubungan antara kadar testosteron dengan derajat osteoporosis pada pria usia lanjut

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Struktur Tulang

Tulang adalah organ tubuh yang berfungsi memberikan bentuk dan menegakkan tubuh (support), melindungi organ-organ dalam (protection), tempat melekatnya otot dan membantu pergerakan (movement), sebagai tempat deposit kalsium, fosfor dan mineral lainnya (mineral storage) dan sebagai jaringan hemopoietik yang membentuk sel-sel darah (hematopoiesis) (Ebeling P.R. 2018; Kirk, D and S.A Fish. 2014; Robert, A and Adler. 2010).

Tulang merupakan jaringan yang sangat dinamis yang terdiri dari bahan organik (30%), anorganik (45%), dan air (20%). Tulang adalah selluler dan mendapat vaskularisasi yang baik, aliran darah total tulang pada manusia diperkirakan kira-kira 200 – 400 ml / menit.. *Turnover* kalsium dalam tulang kecepatannya 100 % pertahun pada bayi dan 18 % pertahun pada orang dewasa (Ebeling P.R. 2018; Kirk, D and S.A Fish. 2014; Robert, A and Adler. 2010).

Bahan organik tulang mempunyai komposisi :

1. Matriks (98%) yang terdiri dari kolagen (95%) dan non kolagen protein (5%) diantaranya osteokalsin, osteonektin, proteoglikan, sikloprotein, protein morfogenik, proteolipid dan fosfoprotein.
2. Sel tulang (2%) yaitu osteoblas, osteosit dan osteoklas.

Komponen anorganik terutama terdiri atas kalsium, dan fosfor dan sisanya magnesium, sodium, hidroksil, karbonat, dan fluoride, terutama dalam bentuk

kristal hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}\text{CPO}_4)_6(\text{OH})_2$  yang terikat menjadi satu kesatuan dengan fibril kolagen komposit kalsium kolagen tulang. Tulang mengandung 99% dari seluruh kalsium tubuh dan 90% dari seluruh fosfor tubuh (Robert, A and Adler. 2010; Vaizuran, N.M., I.N, Soelaiman and K.Y, Chin. 2016).

Sel-sel tulang yang terutama berhubungan dengan pembentukan dan resorpsi tulang adalah osteoblast, osteosit, dan osteoklas. Osteoblas adalah sel pembentuk tulang. Mereka membentuk dan mensekresikan kolagen dan non kolagen organik-komponen pada fase matrik tulang. Osteoblas mempunyai peranan penting pada mineralisasi matrik organik. Protein nonkolagen produksi osteoblas meliputi osteokalsin (komponen nonkolagen tulang terbesar), 20% dari total massa tulang; osteonectin; protein sialyted dan phosphorylated; dan thrombospondin. Peranan protein nonkolagen tersebut tidak diketahui tapi sintesisnya diatur oleh hormon paratiroid (PTH) dan 1,25 dihidroksivitamin D. Mereka juga berperan pada kemotaksis dan adhesi sel. Pada proses pembentukan matrik tulang organik, osteoblas terperangkap diantara formasi jaringan baru, kehilangan kemampuan sintesis dan menjadi osteosit (Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

*Osteosit* adalah sel-sel tulang dewasa yang bertindak sebagai suatu lintasan untuk pertukaran kimiawi melalui tulang yang padat. Osteosit adalah sel-sel tulang yang dikelilingi oleh matriks yang telah mengalami kalsifikasi. Mereka mengirimkan tonjolan-tonjolannya kedalam kanalikuli yang bercabang-cabang diseluruh tulang (Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Osteoklas adalah sel terpenting pada resorpsi tulang. Mereka digambarkan dengan ukurannya yang besar dan penampakan yang multinucleated. Sel ini bergabung menjadi tulang melalui permukaan reseptor. Penggabungan pada permukaan osteoklas tulang membentuk kompartement yang dikenal sebagai “*sealing zone*”. Resorpsi tulang terjadi oleh kerja proteinase asam pada pusat ruang isolasi subosteoklas yang dikenal sebagai lacuna *Howship*. Membran plasma dari sel ini diinvaginasi membentuk *ruffled border*. Osteoklas mungkin berasal dari sel induk sumsum tulang, yang juga menghasilkan makrofag monosit. Perkembangan dan fungsi mereka dimodulasi oleh sitokin seperti interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6) dan interleukin-11 (IL-11). Osteoklas akan meningkat dalam hal jumlah dan aktifitas yang dipengaruhi oleh hormon paratiroid dan 1,25 vitamin D, dan akan menurun di bawah pengaruh kalsitonin (Robert, A and Adler. 2010; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Tulang terdiri dari 2 jenis kortikal dan trabekula (kansellous/spongiosa) dengan perbandingan jumlah massa tulang 80% : 20%, sedangkan permukaannya berbanding terbalik yaitu permukaan trabekula 80% dan kortikal 20%. Tulang mempunyai beberapa stimulator sel-sel tulang dan bermacam-macam protein yang segera membentuk perbaikan apabila terjadi kerusakan tulang maupun proses rutin perubahan-perubahan tulang. Semua tulang akan melalui siklus perubahan tulang yang sesuai dengan siklus kehidupan. Perubahan ini diatur oleh sistem hormonal dan faktor-faktor lokal yang dimulai dengan tulang, mekanisme pelepasan kalsium bersirkulasi dan terjadinya perbaikan tulang. Perubahan tulang (remodeling) ini melalui beberapa fase yaitu : fase istirahat, fase aktivasi, fase osteoklas, fase

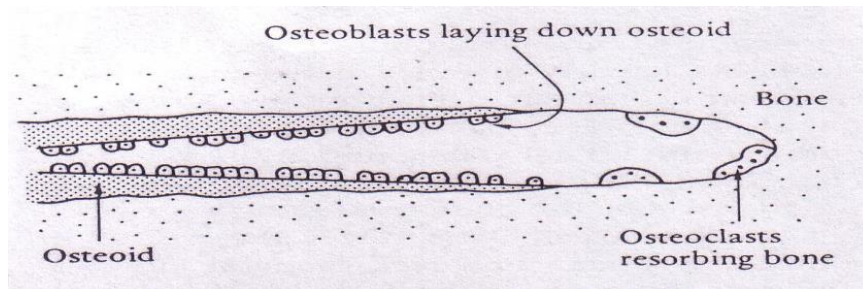
resorpsi, fase perbaikan dan fase osteoblas (Ebeling P.R. 2018; Robert, A and Adler. 2010).

Remodeling tulang terjadi pada tiap permukaan tulang dan berlanjut sepanjang hidup. Jika massa tulang tetap pada dewasa, menunjukkan terjadinya keseimbangan antara formasi dan resorpsi tulang. Keseimbangan ini dilaksanakan oleh osteoblas dan osteoklas pada unit remodeling tulang. Remodeling dibutuhkan untuk menjaga kekuatan tulang.

Osteoblas dan osteoklas dikontrol oleh hormon sistemik dan sitokin seperti faktor lokal lain (growth factor, prostaglandin dan leukotrien, parathyroid hormon, kalsitonin, estrogen, testosteron dan 1,25-dihydroxyvitamin D3 [1,25-(OH)D3]. Parathyroid hormon bekerja pada osteoblas dan sel stroma dimana mensekresi faktor soluble yang menstimulasi pembentukan osteoklas dan resorpsi tulang oleh osteoklas. Sintesis kolagen oleh osteoblas distimulasi oleh paparan pada PTH yang intermiten, sementara paparan terus menerus pada PTH menghambat sintesis kolagen (Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Kirk, D and S.A Fish. 2014; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Kalsitonin menghambat fungsi osteoklas langsung dengan mengikat reseptor afinitas tinggi; kalsitonin mungkin tidak langsung mempengaruhi fungsi osteoblas. Level kalsitonin menurun pada wanita dibandingkan pria, tapi defisiensi kalsitonin tidak berperan pada usia-osteoporosis. Namun defisiensi estrogen menyebabkan penurunan massa tulang secara signifikan. Defisiensi estrogen dipikirkan mempengaruhi level sirkulasi sitokin spesifik seperti IL-1, TNF, koloni granulosit-

makrofag stimulating factor dan IL-6. Bersama sitokin ini meningkatkan resorpsi tulang melalui peningkatan recruitment, diferensiasi dan aktivasi sel osteoklas.



**Gambar 1.** *Cutting cone* dalam proses remodelling (Kirk, D and S.A Fish. 2014).

Seorang wanita selama kehidupannya akan kehilangan 40 – 50 % jumlah tulang secara keseluruhan. Sedangkan pada pria hanya sebesar 20 – 30 % (Campion, J.M and M.J, Maricic. 2013; Golds, G. D, Houdek and T, Arnason. 2017; Kirk, D and S.A Fish. 2014).

### 1. Tulang trabekular

( tulang belakang, leher tulang paha, tulang radius bagian bawah)

- Bertambah sampai usia 35 – 40 tahun
- Berkurang mulai usia 40 – 45 tahun:
  - 45 – 50 tahun : pengurangan rata-rata 0,5 – 1,0%
  - 50 – 60 tahun : pengurangan rata-rata 3,0 – 5,0%
  - > 60 tahun : pengurangan rata-rata 0,5 – 1,0%

### 2. Tulang kortikal

( tulang-tulang panjang pada lengan dan tungkai )

- Bertambah sampai usia 35 – 40 tahun
- Berkurang mulai usia 40 – 50 tahun : rata-rata 0,5%



## **2.2. Osteoporosis Pada Pria**

Osteoporosis adalah penyakit tulang yang mempunyai sifat-sifat khas berupa massa tulang yang rendah, disertai mikro arsitektur tulang dan penurunan kualitas jaringan tulang yang akhirnya dapat menimbulkan kerapuhan tulang. Osteoporosis pada laki-laki lebih jarang dibandingkan pada wanita. Studi epidemiologi di USA menunjukkan, sekitar 1.5 juta laki-laki diatas umur 65 tahun menderita osteoporosis dan 8-13 juta menderita osteopenia. Osteoporosis adalah penyakit yang ditandai dengan rendahnya massa tulang dan memburuknya mikrostruktural jaringan tulang, menyebabkan kerapuhan tulang sehingga meningkatkan resiko terjadinya fraktur. Osteoporosis memberikan gejala klinis yang tersembunyi sampai terjadinya fraktur. Osteoporosis adalah kondisi umum yang dapat menimpa pria dan Wanita, dengan resiko fraktur pada usia  $\geq 50$  tahun adalah 50% pada wanita dan 20% pada pria. (Prevelic, G.M.2011; Rochira, V. A, Balestrieri. and B, Madeo. 2016).

Osteoporosis terdiri dari osteoporosis primer dan osteoporosis sekunder. Osteoporosis primer yaitu osteoporosis yang tidak jelas penyebab dasarnya, sedangkan osteoporosis sekunder diketahui factor penyebabnya. Terdapat tiga penyebab utama osteoporosis pada pria yaitu hipogonadisme, peminum alcohol, kelebihan glukokortikoid. Factor tersebut memberikan kontribusi sekitar 40-50% pada osteoporosis pria. Penyebab lain yaitu hiperparatiroidisme primer, hipertiroid, multiple myeloma, keganasan, pemakaian anti konvulsan yang lama dan lain-lain (Peter, J. Snyder and H, Peachey.1999; Prevelic, G.M.2011; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Pada proses penuaan, trabekula akan berkurang dan tulang kortekspun akan menipis sebagai akibat metabolisme negative (artinya katabolisme lebih besar dari anabolik). Ada perbedaan proses penuaan pada osteoporosis wanita dan pria yaitu trabekulasi pada wanita tampak spongiosa berlubang dan jumlahnya berkurang sedangkan pada pria hanya terjadi penipisan (Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Puncak kepadatan tulang (peak bone mass) akan tercapai pada akhir dekade ke-3. Selanjutnya setelah 30 tahun maka akan terjadi proses degenerasi bagi semua jaringan dan organ tubuh. Jaringan dan organ tubuh akan mengalami penurunan fungsi 1% pertahun (*the rule 1% of Andreas and Tobin*). Penurunan fungsi ini berbeda untuk tiap organ dan individu. Kehilangan tulang sampai usia 40 tahun adalah sebagai berikut: laki-laki 0,3% pertahun dan perempuan 0,5% pertahun, sehingga jumlah keseluruhan selama hidup akan kehilangan 20% (Ebeling P.R. 2018; Ettiger, B. T, Ray and A.R, Pressman.2013; Gordana, M.P.2011).

Penurunan massa tulang tersebut lebih cepat terjadi pada metakarpal, kolum femoris dan korpus vertebra, dan pada bagian lain lebih lambat. Pada pria lebih lambat 10 tahun untuk terjadinya fraktur akibat osteoporosis dibandingkan wanita karena massa tulang pada pria lebih besar dibandingkan wanita. Jumlah massa tulang pria lebih besar dari wanita karena ukuran tulang pria lebih besar dan panjang. Finkelstein et al. menemukan bahwa laki-laki dengan pubertas yang terlambat mempunyai densitas tulang spinal lebih rendah dibanding orang normal. 1 dari 8 pria berusia diatas 50 tahun akan mengalami fraktur akibat osteoporosis. Kira-kira 4-6% pria dengan usia di atas 50 tahun akan menderita osteoporosis dan

33-47 % akan mengalami osteopenia. Kira-kira 30% fraktur pada tulang panggul terjadi pada pria. Lebih dari setengah pria yang mengalami fraktur tulang panggul akan disertai rasa sakit yang kronik dan membutuhkan bantuan untuk berjalan (Golds, G. D, Houdek and T, Arnason. 2017; Robert, A and Adler. 2010).

Angka kesakitan dan kematian pada pria lebih tinggi dua sampai tiga kali dibandingkan wanita jika terjadi fraktur osteoporosis. Setiap tahun, angka kematian akibat fraktur pada pria adalah sebesar 31% sedangkan pada wanita hanya 17%. Hal ini disebabkan fraktur terjadi pada usia yang semakin tua dan disertai adanya komorbid. Manajemen osteoporosis tergantung dari penyebab / penyakit yang mendasarinya. Tujuan pengobatan adalah meningkatkan kepadatan tulang. Semua penderita osteoporosis harus diberikan suplemen kalsium yang adekuat (1000mg/hari pada usia muda, 1200-1500 mg/hari pada usia tua) dan vitamin D (calcitriol) 400-800IU/hari. Alendronat atau golongan biphosfonat yang lain terbukti efektif dalam meningkatkan kepadatan tulang pada penderita osteoporosis kausa apapun. Orwoll et al. melaporkan hasil yang memuaskan dengan pemberian alendronate pada pasien osteoporosis pria selama 2 tahun. biphosfonat merupakan terapi pilihan pada penderita eugonad atau hipogonad, dimana testosteron merupakan kontra indikasi. Kurland et al. melaporkan pemberian hormon paratiroid meningkatkan BMD setelah 18 bulan pengobatan (Orwoll, E. M, Ettinger and S, Weiss.2010; Taxel P., D.P, Kennedy and P.M Fall. 2011Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

<b>BMD variable</b>	<b>Total testosterone</b>	<b>Free testosterone</b>	<b>SHBG</b>	<b>Total estradiol</b>	<b>Free estradiol</b>
	Age-adjusted Pearson correlation (bold, $P < 0.05$ )				
Femoral neck	0.00	0.03	-0.06	<b>0.21</b>	<b>0.22</b>
Total hip	-0.07	-0.01	<b>-0.13</b>	<b>0.17</b>	<b>0.20</b>
Distal radius	-0.05	-0.01	-0.07	0.02	0.04
Ultradistal radius	-0.04	0.00	<b>-0.09</b>	<b>0.14</b>	<b>0.15</b>
Lumbar spine	-0.03	0.00	-0.06	0.11	<b>0.12</b>
	Multivariate-adjusted Pearson correlation (bold, $P < 0.05$ ) <sup>a</sup>				
Femoral neck	0.08	0.07	0.02	<b>0.16</b>	<b>0.15</b>
Total hip	0.02	0.04	-0.04	<b>0.11</b>	<b>0.12</b>
Distal radius	-0.01	0.01	0.00	-0.05	-0.05
Ultradistal radius	0.01	0.02	-0.03	0.07	0.07
Lumbar spine	0.01	0.02	0.00	0.07	0.06

**Tabel 1.** Korelasi pearson antara BMD dan Hormon berdasarkan umur dan multivariansi (Singh, M., A.R, Nagrath and P.S, Maini. 1999).

## Patofisiologi osteoporosis

Osteoporosis dapat timbul akibat multi faktor, eksternal maupun internal.

Dikenal 4 kelompok penyebab osteoporosis, yaitu :

1. Kepadatan massa tulang pada saat maturitas (*peak bone mass*) :
  - genetika / familial (riwayat keluarga)
  - gizi
  - kegiatan fisik (aktivitas kegiatan sehari-hari, exercise)
  - gaya hidup (alkohol, merokok, kopi)
  - riwayat penyakit
  - iatrogenik (obat-obatan : kortikosteroid, antikonvulsan)
2. Kehilangan massa tulang pasca menopause :
  - peningkatan kehilangan tulang trabekula 3-10 tahun pasca menopause
  - peningkatan resorpsi tulang secara sekunder akibat menurunnya estrogen
  - secara umum akan kehilangan 1-2% pertahun dengan maksimum 10%
3. Kehilangan tulang akibat penambahan usia
  - dimulai pada usia 35-40 tahun pada kedua jenis kelamin secara terus menerus selama 30-40 tahun
  - tidak seimbang antara pengrusakan dan pembentukan tulang baru
  - baik tulang kortikal maupun trabekular, secara normal 0,5% pertahun dengan maksimum 20% (Golds, G. D, Houdek and T, Arnason. 2017; Robert, A and Adler. 2010).

#### 4. Faktor risiko

- Genetika : perempuan > laki-laki  
etnik kaukasus / asia  
riwayat keluarga osteoporosis
- Gaya hidup : gizi kalsium rendah  
peminum alkohol  
perokok  
peminum kopi  
kurang kegiatan olah raga
- Riwayat kesehatan : menopause dini  
penyakit keluarga  
kelainan hormon  
gangguan makan  
penyakit menahun hati –ginjal  
gangguan absorpsi
- Iatrogenik : kortikosteroid  
kelebihan hormon thyroid  
pengobatan heparin jangka panjang  
radioterapi  
obat-obatan : antikonvulsan  
diuretika (Golds, G. D, Houdek and T, Arnason. 2017;  
Robert, A and Adler. 2010).

### 2.3. Testosteron

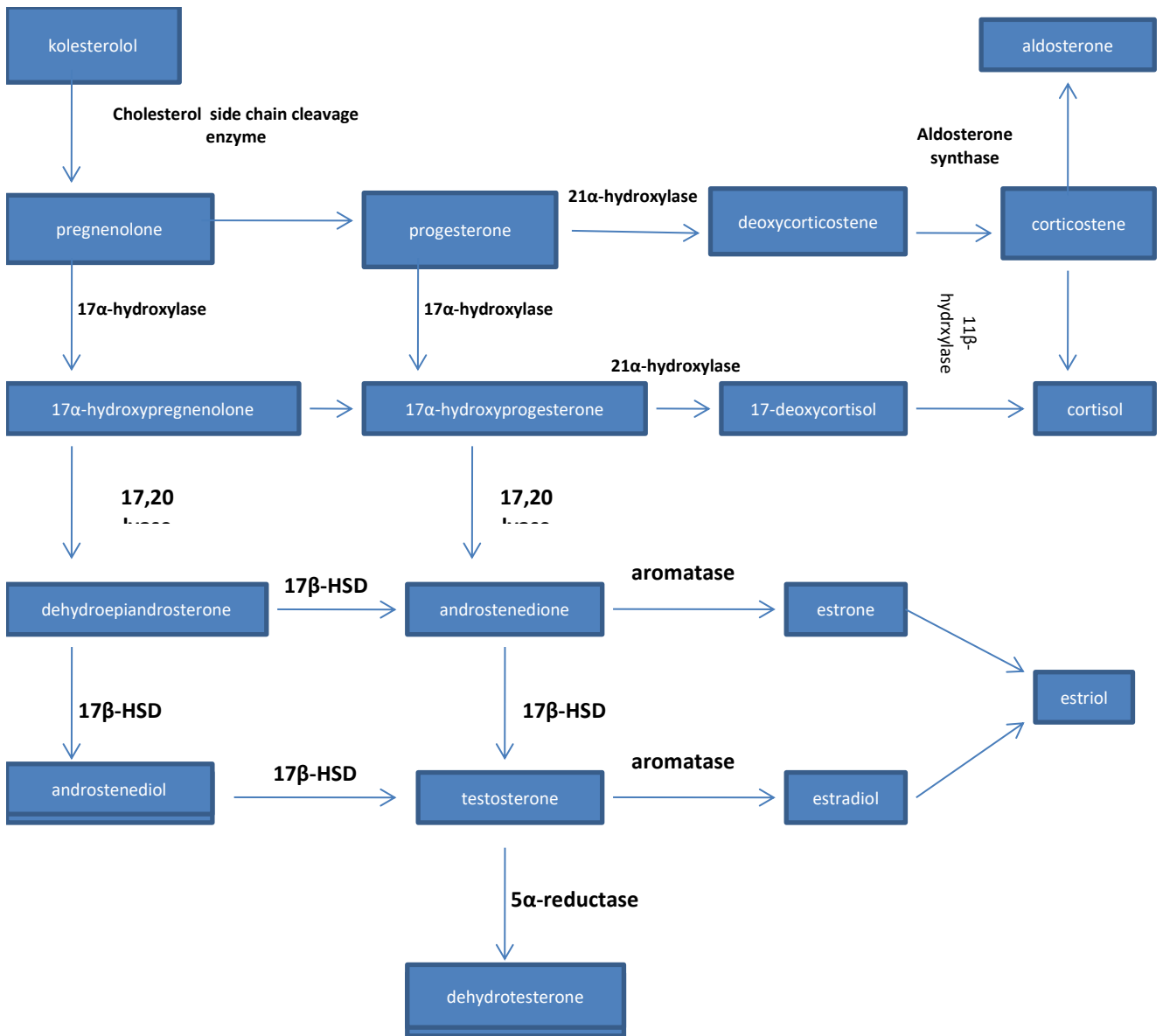
Testosteron adalah hormon steroid yang merupakan kelompok hormon androgen.. Hormon testosteron disekresi oleh testis pada pria dan ovarium pada wanita, meskipun sejumlah kecil disekresi oleh kelenjar adrenal. Merupakan hormon seks utama pada pria dan juga anabolik steroid. Pada pria testosteron berperan penting pada kesehatan dan metabolisme tubuh seperti dalam mencegah osteoporosis. Rata-rata orang dewasa pria memproduksi testosteron 40-60 kali lipat dibanding wanita. Hormon androgen berperan dalam sintesis protein dan pertumbuhan jaringan melalui reseptor androgen. Hormon testosteron mempunyai efek anabolik dan androgenik yaitu:

1. Efek anabolik mempengaruhi perkembangan dan kekuatan otot, meningkatkan kepadatan, kekuatan tulang dan maturitas tulang.
2. Efek androgenik meliputi maturasi daripada organ seks terutama penis, pembentukan skrotum pada janin dan pada masa pubertas mempengaruhi perubahan seks sekunder pada pria (Vaizuran, N.M., I.N, Soelaiman and K.Y, Chin. 2016).

Sintesis hormon testosteron berasal dari kolesterol. Dalam testis testosteron diproduksi oleh sel-sel leydig kemudian disekresikan kedalam darah dan menuju organ target. Sebagian besar terikat dengan protein plasma spesifik (sex hormone binding globulin=SHBG). Dalam darah testostosterone dirubah menjadi  $5\alpha$ -dihidrotestosteron (DHT) oleh enzim  $5\alpha$  reduktase dan estradiol oleh enzim aromatase (Shin, D.E., T.K, Ahn and J.W Kim.2018).

Pria dianggap menderita defisiensi testosterone apabila tingkat testosterone dalam darah dibawah angka 12 nmol/L. Dimana nilai normal testosteron serum antara 12-40 nmol/L atau > 200 ng/dl. Daniell melaporkan insidens fraktur osteoporotik sebanyak 14% pada pria yang telah dilakukan orchiektomi dibanding 1% pada orang normal. Testosteron replacement terapi pada pria hipogonadisme merupakan pendekatan managemen klinis yang paling sering. Pria lanjut usia dengan testosterone rendah dimana kadar testosterone preterapi kurang dari 6.9 nmol/L mempunyai peningkatan BMD yang signifikan dengan testosterone replacement. Pada pria eugonad yang diberikan terapi testosteron juga memperbaiki BMD ( Rochira, V. A, Balestrieri. and B, Madeo. 2016; Shin, D.E., T.K, Ahn and J.W Kim.2018).





**Bagan 1.** *Metabolisme testosterone (Shin, D.E., T.K, Ahn and J.W Kim.2018)*

Testosteron dapat diberikan melalui :

1. Sutikan intramuskuler setiap 2 sampai 3 minggu
2. Transdermal , ditempel dikulit setiap malam. Terdapat dua tipe yaitu Testoderm ditempel diskrotum dan Androderm yaitu ditempel dipunggung, lengan atas, abdomen atau paha. Bentuk jel( AndroGel) pada bahu, lengan atas, abdomen sekali sehari.

Efek samping pemberian testostosterone replacement yaitu edema pada tangan dan kaki, pembesaran prostat, ginekomastia, ereksi yang nyeri, gangguan fungsi hati, dan kemerahan dan gatal-gatal dikulit pada bentuk transdermal (Peter, J. Snyder and H, Peachey.1999).

Berkurangnya densitas tulang berhubungan dengan inefisiensi konversi testosteron menjadi estrogen pada umur tua. Pada penelitian terbaru, berkurangnya kadar estradiol pada pria tua berhubungan dengan menurunnya densitas tulang. Peran estradiol pada pria digambarkan oleh contoh-contoh osteoporosis berat pada pria dengan resistensi estrogen akibat hilangnya fungsi mutasi gen  $ER\alpha$  dan gen aromatase. Sebaliknya, perempuan dengan androgen normal mempunyai densitas tulang yang rendah meskipun testosteron serum normal. Ekspresi reseptor androgen akan mempengaruhi pembentukan tulang oleh osteoblas, reseptor androgen juga mempengaruhi osteoklas. Beberapa efek androgen pada tulang mungkin melalui regulasi dari factor autokrin dan parakrin seperti transforming growth factor beta, IGF-1, dan interleukin-6. Akan tetapi prosesnya masih belum jelas. Jadi pengaruh testostosterone terhadap densitas tulang dapat melalui secara langsung pada reseptor

androgen atau secara tidak langsung melalui reseptor estrogen setelah aromatisasi (Taxel P., D.P, Kennedy and P.M Fall. 2011 Tuck, S.P., R.M, Francis. 2009).

Testosteron dan estradiol masing-masing merupakan hormon laki-laki dan hormon perempuan primer. Di dalam tubuh laki-laki kadar testosteron jauh lebih besar dibandingkan dengan kadar estradiol dan sebaliknya di dalam tubuh perempuan kadar estradiol jauh lebih besar dibandingkan dengan testosteron. Testosteron dimetabolisme dalam hati menjadi androsteron, dehidro-iso-androsteron dan etiokolanolon. Hasil metabolisme testosteron diekskresikan melalui urin dalam bentuk senyawa yang larut dalam air, yaitu dalam bentuk ester asam glukuronat dan ester asam sulfat. Estradiol dimetabolisme dalam hati menjadi esteron dan estriol. Estradiol dan metabolitnya juga diekskresikan melalui urin dalam bentuk senyawa yang larut dalam air, yaitu dalam bentuk ester asam glukuronat dan ester asam sulfat. Testosteron dan estradiol mempengaruhi perkembangan seks sekunder dan pada laki-laki maupun perempuan normal terdapat dalam jumlah yang normal ( Orwoll, E. M, Ettinger and S, Weiss.2010; Peter, J. Snyder and H, Peachey.1999).

#### **2.4. Indeks Singh**

Bagian ujung proksimal tulang femur terdiri dari trabekula tulang yang tersusun dalam 2 lengkung yang saling menyilang. Susunan trabekula ini berkaitan dengan weight bearing dimana tekanan yang diterima kaput femoris diteruskan ke shaft tulang femur melalui susunan trabekula ini ( Koot V.C.M. S.M.M, Kesselaer. G.J, Clevers. P, Hooge. T, Weits and C, Werken. 2011).

Pada tahun 1970, Singh dan kawan-kawan telah berhasil menetapkan bentuk trabekula pada ujung atas femur sebagai sebuah indeks osteoporosis.

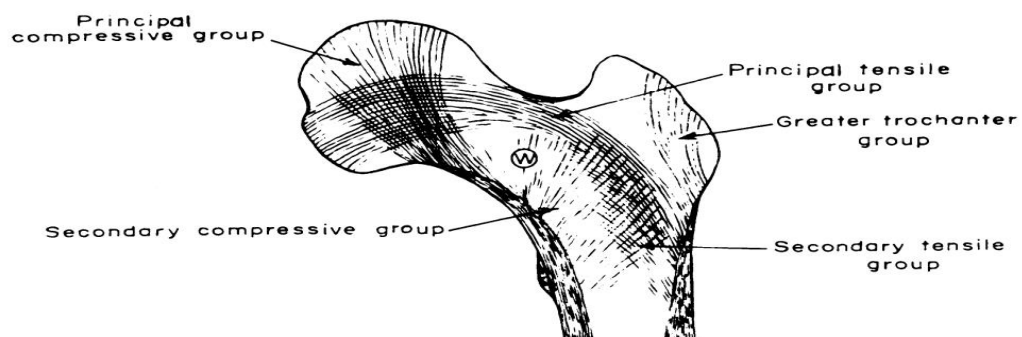
Terdapat 5 kelompok anatomi trabekula femur sebagai berikut :

- *Principal compressive group*, berupa deretan trabekula yang berjalan dari medial korteks leher femur ke arah bagian atas kaput femoris, merupakan trabekula yang paling tebal dan dense.
- *Secondary compressive group*, berupa trabekula yang berjalan sedikit melengkung dari medial leher femur di bawah dari kelompok *principal compressive* ke arah trochanter mayor. Trabekulanya tipis dan agak renggang.
- *Greater trochanter group*, berupa trabekula tipis dan terbatas kurang tegas dari kelompok tensile yang berjalan dari lateral di bawah trochanter mayor menuju ke arah atas dan berakhir pada permukaan superior trochanter mayor.
- *Principal tensile group*, berupa kelompok trabekula yang berjalan kurvalinier dari korteks lateral tepat di bawah trochanter mayor menyilang leher femur ke arah bagian inferior kaput femoris, merupakan trabekula tensile yang paling tebal.
- *Secondary tensile group*, berupa kelompok trabekula yang berjalan mulai dari korteks lateral di bawah kelompok *principal tensile* ke arah superior dan medial menyilang leher femur. Pada daerah leher femur terdapat area segitiga disebut segitiga Ward yang sangat sedikit mengandung trabekula dan dikelilingi oleh kelompok *principal compressive*, *secondary compressive* dan *tensile* ( Koot V.C.M.

S.M.M, Kesselaer. G.J, Clevers. P, Hooge. T, Weits and C, Werken. 2011; Singh, M., A.R, Nagrath and P.S, Maini. 1999).

Singh dkk telah mencoba menghubungkan bentuk dari kelompok-kelompok trabekula tersebut dengan berat ringannya osteoporosis dibandingkan dengan biopsi tulang dan didapatkan hasil yang sangat bermakna. Dengan resorpsi trabekula dini diperhatikan atenuasi dari struktur trabekula principal compressive dan principal tensile ( Singh, M., A.R, Nagrath and P.S, Maini. 1999).

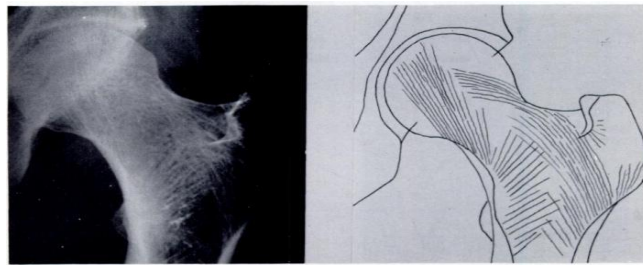
Trabekula di proksimal femur dapat dilihat dengan baik bila dibuat rontgenogram pada daerah hip (leher femur) dengan menggunakan exposure yang adekuat agar dapat melihat detail makroskopis arsitektur susunan trabekulanya. Pada perjalanan osteoporosis terjadi penipisan trabekula dan beberapa diresorpsi sempurna, sehingga trabekula yang tebal akan lebih nyata pada foto polos. Bila proses osteoporosis terus berlanjut, maka trabekula yang tebal akan teresorpsi juga ( Singh, M., A.R, Nagrath and P.S, Maini. 1999)



**Gambar 2.** Skema diagram group trabekula normal pada proksimal femur. 'W' merupakan Ward's triangle (area dengan trabekula yang tipis)

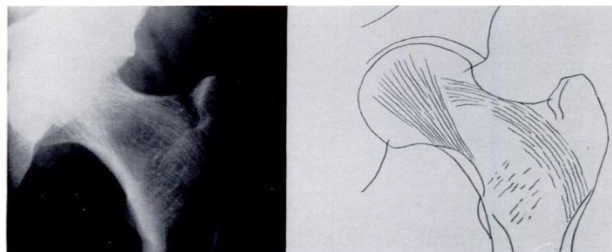
Indeks Singh terbagi dalam 6 grade yaitu:

- Grade 6 : semua struktur kelompok trabekula terlihat, segitiga Ward kurang jelas dan didalamnya tampak struktur trabekula yang tipis yang tidak lengkap yang menandakan tulang normal.



*Gambar 3. Singh indeks grade 6*

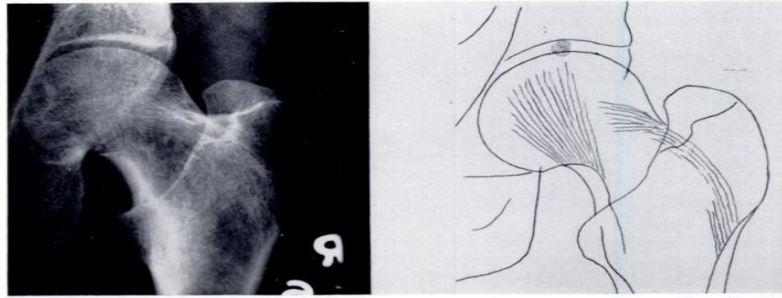
- Grade 5 : tampak atenuasi struktur kelompok principal compressive dan principal tensile karena resorpsi trabekula yang tipis. Secondary compressive kurang jelas. Segitiga Ward tampak kosong dan lebih prominen. Stadium ini menunjukkan stadium dini osteoporosis.



*Gambar 4. Singh indeks grade 5*

- Grade 4 : trabekula tensile tampak lebih berkurang, terjadi resorpsi dimulai bagian medial, sehingga principal tensile bagian lateral masih dapat diikuti garisnya, sementara secondary tensile telah menghilang. Sehingga

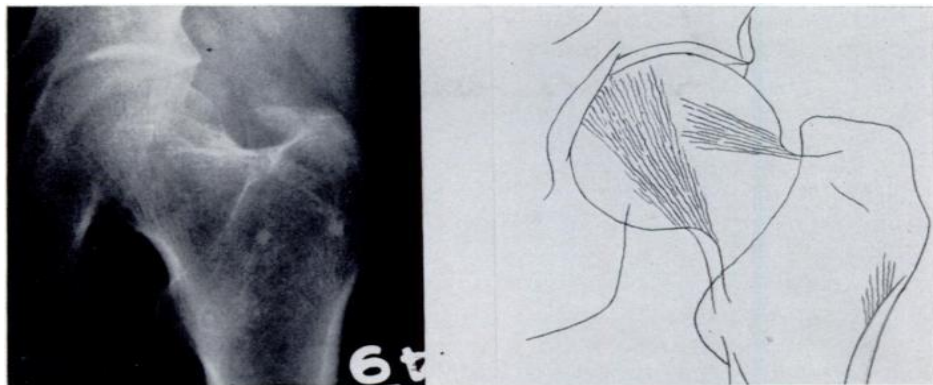
segitiga Ward batas lateralnya terbuka. Stadium ini menunjukkan transisi antara tulang normal dengan osteoporosis.



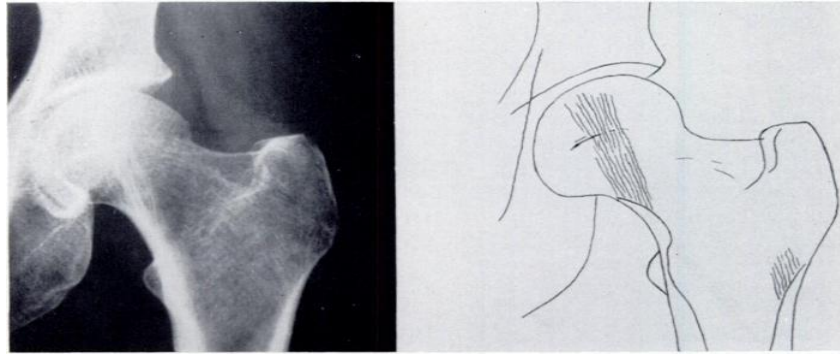
**Gambar 5.** Singh indeks grade 4

- Grade 3 ; tampak principal tensile terputus di area yang berseberangan dengan trokhanter mayor sehingga trabekula tensile hanya terlihat di bagian atas leher femur. Stadium ini menunjukkan keadaan defenitif osteoporosis.

**Gambar 6.** Singh indeks grade 3

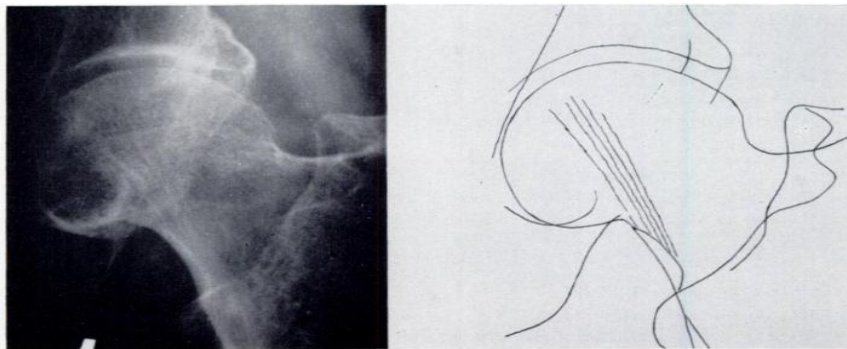


- Grade 2 : hanya tampak principal compressive yang dominan sedangkan kelompok trabekula lain tidak/kurang jelas karena sebagian besar telah terabsorpsi. Keadaan ini menunjukkan moderately advanced osteoporosis.



*Gambar 7. Singh indeks grade 2*

- Grade 1 : Principal compressive tidak menonjol dan berkurang jumlahnya, keadaan ini menunjukkan keadaan osteoporosis berat.



*Gambar 8. Singh indeks grade 1*

Pengukuran Indeks Singh dapat dilakukan pada salah satu sisi tubuh, karena telah dibuktikan tidak ada perbedaan bermakna pada kedua sisi tersebut (Koot V.C.M. S.M.M, Kesselaer. G.J, Clevers. P, Hooge. T, Weits and C, Werken. 2011: Singh, M., A.R, Nagrath and P.S, Maini. 1999)