

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Angka Kepadatan Tulang**

###### **a. Definisi**

Angka kepadatan tulang atau *Bone Mineral Density*(BMD) adalah ukuran jumlah dari mineral-mineral yang terkandung dalam volume tertentu tulang. BMD berbeda dengan *bone mineral content*(BMC) yang merupakan deskripsi dari jumlah total mineral pada tulang yang diteliti. Nilai BMD didapat dari nilai BMC dibagi dengan total area atau volume yang diteliti (Scientific Group Meeting on Prevention and Management of Osteoporosis and Weltgesundheitsorganisation, 2003). Berkurangnya ukuran tulang dihubungkan dengan meningkatnya kerentanan tulang dan pengurangan pada BMD dan BMC dibandingkan dengan *age-matched controls* (Deng et al., 2002).

###### **b. Tinggi Rendahnya Angka Kepadatan Tulang**

Menurut Adler,(2010) banyak faktor, kurang atau lebih nya yang dapat mempengaruhi akumulasi masa tulang saat pertumbuhan. Faktor yang mempengaruhi antara lain adalah faktor keturunan, jenis kelamin, asupan nutrisi (kalsium, protein), faktor endokrin, faktor mekanik (aktivitas fisik, berat badan), dan eksposur terhadap faktor resiko lainnya. Weaver et al., (2016) membagi menjadi dua faktor yaitu

*nonmodifiable factors* (genetik, keturunan, jenis kelamin, kematangan) dan *modifiable factors* (aktivitas fisik, gaya hidup, faktor lingkungan). Pola makan individu dapat mempengaruhi perkembangan dari kepadatan tulang. Terdapat studi yang menunjukkan pola makan dengan diet tinggi akan buah dan sayuran juga dihubungkan dengan tingginya BMD pada seseorang. Jumlah konsumsi susu pada seseorang juga berhubungan dengan tingginya BMD dan menurunkan resiko terjadinya fraktur di usia lanjut. Kalsium, Vitamin D, dan protein membantu dalam meningkatkan perkembangan tulang pada anak-anak, remaja, dan dewasa muda (Nieves et al., 2010).

Kekurangan asupan kalsium dan vitamin D dapat menyebabkan peningkatan prevalensi terjadinya osteopenia dan osteoporosis pada wanita (Chon et al., 2017). Vitamin D dapat mempengaruhi kesehatan tulang dan meningkatkan absorpsi kalsium (Higdon and Drake, 2011). Selain itu pemberian suplemen kalsium dengan vitamin D memiliki pengaruh positif terhadap kekuatan tulang dan pengurangan resiko terjadinya fraktur (Silk et al., 2015).

### **c. Pengukuran Angka Kepadatan Tulang**

BMD dapat di ukur dengan menggunakan *single atau dual-energy x-ray absorptiometry* (SXA atau DXA). Hasil dari pengukuran bergantung pada ketebalan tulang kortikal, jumlah dan tebalnya trabekula, dan kepadatan tulang yang sebenarnya (berhubungan dengan jumlah dari *hydroxyapatite* per unit volume matriks tulang) (Adler,

2010). Pengukuran DXA menggunakan dosis yang sangat kecil untuk mengukur masa tulang. Teknologi ini cocok digunakan pada anak-anak, dikarenakan cepat, aman, tersedia luas, dan presisi, dengan dosis berjarak antara 0.03 sampai 15.2  $\mu$ SV (microsieverts) (Weaver et al., 2016).

#### d. Klasifikasi Angka Kepadatan Tulang

Klasifikasi pada Angka Kepadatan Tulang menggunakan T-Score pada leher femur oleh WHO :

**Tabel 2. 1 Klasifikasi Angka Kepadatan Tulang**

Kategori	Nilai T-Score	Definisi
Normal	(+1) – (-1) SD	Masa tulang normal
Masa Tulang Rendah	(-1) – (-2,5) SD	Masa tulang rendah atau 9ati disebut dengan osteopenia namun masih belum dapat didiagnosis terkena osteoporosis
Osteoporosis	(-2,5) SD atau lebih kecil	Masa tulang sangat rendah dan dapat didiagnosis sebagai osteoporosis

## 2. Fraktur stres

### a. Definisi Fraktur stres

Fraktur yang terjadi pada tulang normal dikarenakan diberikan beban yang berat secara berulang, biasa terjadi pada atlet, penari atau anggota militer yang mengalami program latihan (Solomon et al., 2010). Fraktur stres merupakan cedera mekanik, yang mana dihasilkan dari ketidakseimbangan antara “*microdamage/microfracture*” , remodeling, dan perbaikan tulang (Cosman et al., 2013). Fraktur stres pada ekstremitas bawah merupakan cedera yang sering terjadi pada

seseorang yang melakukan kegiatan seperti, latihan ketahanan, berlari, dan olahraga aerobik. Fraktur stres pada ekstremitas bawah menyangkup 80%-90% dari semua kasus fraktur stres (Kahanov et al., 2015). Fraktur stres paling sering ditemukan pada daerah tibia (23,6%), tarsal navicular (17,6%), metatarsal (16.2%), fibula (15,5%), femur (6,6%), pelvis (1,6%), dan tulang belakang (0,6%). Meskipun jarang terjadi, fraktur stres pada ekstremitas atas dapat terjadi pada seseorang yang melakukan kegiatan olahraga seperti melempar atau kegiatan yang hampir sama lainnya (Patel et al., 2011).

#### **b. Mekanisme**

Fraktur stres terjadi bukan karena kejadian trauma yang spesifik tetapi karena pemberian beban yang terdiri dari *Bending Stress* dan *Compression Stress*. *Bending Stress* dapat menyebabkan perubahan bentuk tulang dan merubah respon dari tulang dengan cara merubah susunan *remodeling* tulang. Dengan adanya pemberian beban yang berulang, maka aktivitas osteoclast untuk meresoprsi tulang melampaui aktivitas dari pembentukan tulang oleh osteoblast. Proses ini berefek pada dewasa muda yang sedang menjalani latihan fisik berat, disebutkan bahwa kemungkinan beban yang datang berasal dari kekuatan otot (Solomon et al., 2010). Menurut Iwamoto and Takeda, (2003) fraktur stres terjadi karena pemberian beban lebih besar dari pada daya ketahanan tulang terhadap beban.

Dikarenakan aktivitas dari osteoclast untuk meresorpsi tulang melampaui aktivitas dari pembentukan tulang oleh osteoblast maka tulang akan lebih rentan untuk terjadinya *microfracture*. Jika beban tetap diberikan terus menerus, *microfracture* akan menyebabkan patahnya korteks tulang atau fraktur stres. Fraktur stres sering terjadi pada daerah *cortical bone*, diafisis tulang, dimana remodeling tulang cenderung lebih lambat. Fraktur stres jarang terjadi pada *cancellous bone* atau tulang spongiosa dikarenakan remodeling tulang pada bagian ini lebih aktif terjadi. Fraktur stres yang terjadi pada tulang spons sering dihubungkan dengan rendahnya bone mineral density (McInnis and Ramey, 2016).

**c. Diagnosis**

Untuk mendiagnosis fraktur stres, biasanya pasien dengan fraktur stres mengeluhkan terdapat nyeri yang terlokalisasi seperti pada lutut, paha, atau daerah paha. Pada pemeriksaan, pasien mengeluhkan ada nyeri tekan (65.9% – 100%) dan bengkak (18% – 44%) pada bagian yang cedera. Seseorang dengan riwayat melakukan kegiatan fisik dengan intensitas yang tinggi dan secara tiba-tiba atau dengan riwayat melakukan kegiatan aktivitas fisik yang dilakukan berulang, perlu dicurigai (Patel et al., 2011).

**Tabel 2. 2 Faktor Resiko, Tanda dan Gejala, dan Diagnosis Banding**

<b>Tipe Fraktur</b>	<b>Faktor Resiko</b>	<b>Tanda dan Gejala</b>	<b>Diagnosis Banding</b>
Tibial	Berlari, berjalan, melompat, menari,	Nyeri daerah tulang kering, ada nyeri tekan, edema	Medial tibial stress syndrome
Metatarsal	Berlari, berjalan, menari, baris-berbaris	Nyeri pada jari kaki atau pergelangan kaki, terdapat nyeri tekan, inflamasi	Plantar fasciitis, metatarsalgia, Morton neuroma
Femoral atau sacral	Berlari, berjalan, bersepeda	Nyeri area paha, nyeri jika melakukan aktivitas, inflamasi (hanya fraktur sacral)	Pathologic fracture, rectus femoris strain
Spondylolysis	Atlet sepak bola, gymnastic, atlet bola voli, menari, angkat beban	Nyeri saat dilakukan test "stork"	Lumbar sprain, pathologic fracture

**d. Klasifikasi Fraktur stres**

Menurut Kaeding dan Miller klasifikasi fraktur stres berdasarkan 3 hal yaitu : 1) Tingkat Fraktur, 2) Lokasi Fraktur, dan 3) Teknik Pengambilan Gambar.

**Tabel 2. 3 Klasifikasi Fraktur Stres (Kaeding dan Miller)**

<b>Grade</b>	<b>Pain</b>	<b>Radiographic Findings (MRI, CT, Bone Scan, or Radiograph)</b>	<b>Description</b>
I	No	Imaging evidence of stress fracture, no fracture line	Asymptomatic stress reaction
II	Yes	Imaging evidence of stress fracture, no fracture line	Symptomatic stress reaction
III	Yes	Non-displaced fracture line	Non-displaced fracture
IV	Yes	Displaced fracture (>2mm)	Displaced fracture
V	Yes	Non union	Nonunion

Sedangkan menurut Matcuk et al., (2016) fraktur stres dapat dibedakan menjadi dua yaitu *fatigue fractures* dan *insufficieny fractures*

**Tabel 2. 4 *Fatigue Fractures dan Insufficieny Fractures***

	Fatigue fractures	Insufficieny fractures
Definisi	Fraktur yang terjadi karena pemberian beban yang abnormal secara berulang pada tulang yang normal	Fraktur sekunder yang terjadi karena pemberian beban yang normal pada tulang yang melemah(osteopenia)
Epidemiologi	Altit wanita muda >altit pria muda	Lansia dengan bmi rendah, wanita>pria
Patofisiologi	Resorpsi tulang yang lebih besar dari pada pembentukan tulang	Pemberian beban normal pada tulang yang melemah (osteopenia atau penyakit metabolic tulang)
Lokasi paling sering terjadi	Tibia, fibula, metatarsal, femoral neck, pubic rami, calcaneus, dan navicular	Sacrum, pubic rami, superior acetabulum, femoral head, medial femoral condyle

#### e. Teknik pengambilan gambar

##### 1) X-Ray

Penggunaan X-Ray untuk mendiagnosis fraktur stres adalah karena relatif mudah dilakukan dan tidak terlalu mahal. Penggunaan x-ray biasanya menghasilkan hasil yang negatif tetapi akan menjadi positif seiring berjalannya waktu. Sensivitas pada awal dilakukan foto adalah 15% - 35% tetapi akan meningkat menjadi 30% - 70% (Pegrum et al., 2014).

## 2) Magnetic Resonance Imaging(MRI)

Penggunaan MRI sebagai pilihan dikarenakan mempunyai sensitivitas sampai dengan 99% untuk fraktur stres. Penggunaan MRI juga tidak memberikan paparan radiasi dan memiliki kelebihan untuk dapat menentukan tingkat keparahan fraktur stres (Pegrum et al., 2014).

### f. Faktor Resiko

Faktor resiko terjadinya fraktur stres terbagi menjadi dua, yaitu faktor intrisik dan faktor ekstrinsik. Faktor ekstrinsik dapat meliputi, jenis aktivitas fisik yang dilakukan, kebiasaan berolahraga, peralatan yang digunakan, dan kondisi tempat lingkungan. Sedangkan faktor intrisik meliputi, asupan nutrisi, bentuk anatomis tubuh, kondisi otot, keadaan hormonal, jenis kelamin, usia, dan *bone mineral density* (BMD). Wanita cenderung lebih mudah terkena fraktur stres disbanding pria (Astur et al., 2016; Cosman et al., 2013).

#### 1) Biomekanik

Perbedaan panjang kaki dapat menjadikan faktor predisposisi pada atlet untuk terjadinya fraktur stres. Pada anggota militer, 73% dengan panjang kaki yang berbeda/tidak sama rata menderita fraktur stres pada kaki yang lebih panjang, dan dengan perbedaan ukuran lebih dari 5mm meningkatkan kemungkinan untuk fraktur. Selain itu siswa militer yang memiliki bentuk tulang pes planus (telapak kaki datar) memiliki resiko lebih tinggi untuk terjadinya



fraktur stres pada metatarsal, sedangkan siswa militer yang memiliki bentuk tulang pes cavus (lengkung telapak kaki tinggi) rentan terjadi fraktur stres pada tulang femoral dan tibial (Behrens et al., 2013).

2) Asupan nutrisi dan kebiasaan makan

Asupan kafein, konsumsi alkohol, dan merokok merupakan perilaku yang dapat memberikan dampak negatif pada tulang. Faktor nutrisi, seperti kalsium dan vitamin D, dapat memberikan pengaruh positif pada kesehatan tulang. Vitamin D berkontribusi dalam penyerapan kalsium dan fosfor dari dalam usus dan penyerapan kembali dari tulang juga sebagai faktor penting dalam penyembuhan fraktur. Tetapi McCabe (2012) mengatakan hubungan antara level vitamin D dan resiko untuk fraktur stres masih didebatkan (McInnis and Ramey, 2016).

3) Tempat latihan dan Alas Kaki

Tempat latihan dengan permukaan yang keras lebih cenderung menyebabkan terjadinya fraktur stres. Kasus *Tibial Strain* dan *Strain* pada pelari memiliki persentase nilai 48% sampai 285%, akan lebih tinggi apabila berlari pada permukaan kasar dibandingkan dengan pada permukaan *treadmills*. Penggunaan sepatu yang sudah usang memungkinkan untuk meningkatkan resiko fraktur stres dikarenakan berkurangnya daya serap tegangan oleh sepatu. Sepatu yang digunakan direkomendasikan agar

diganti setiap 6 bulan atau setiap 300-500 mil (Behrens et al., 2013; McInnis and Ramey, 2016).

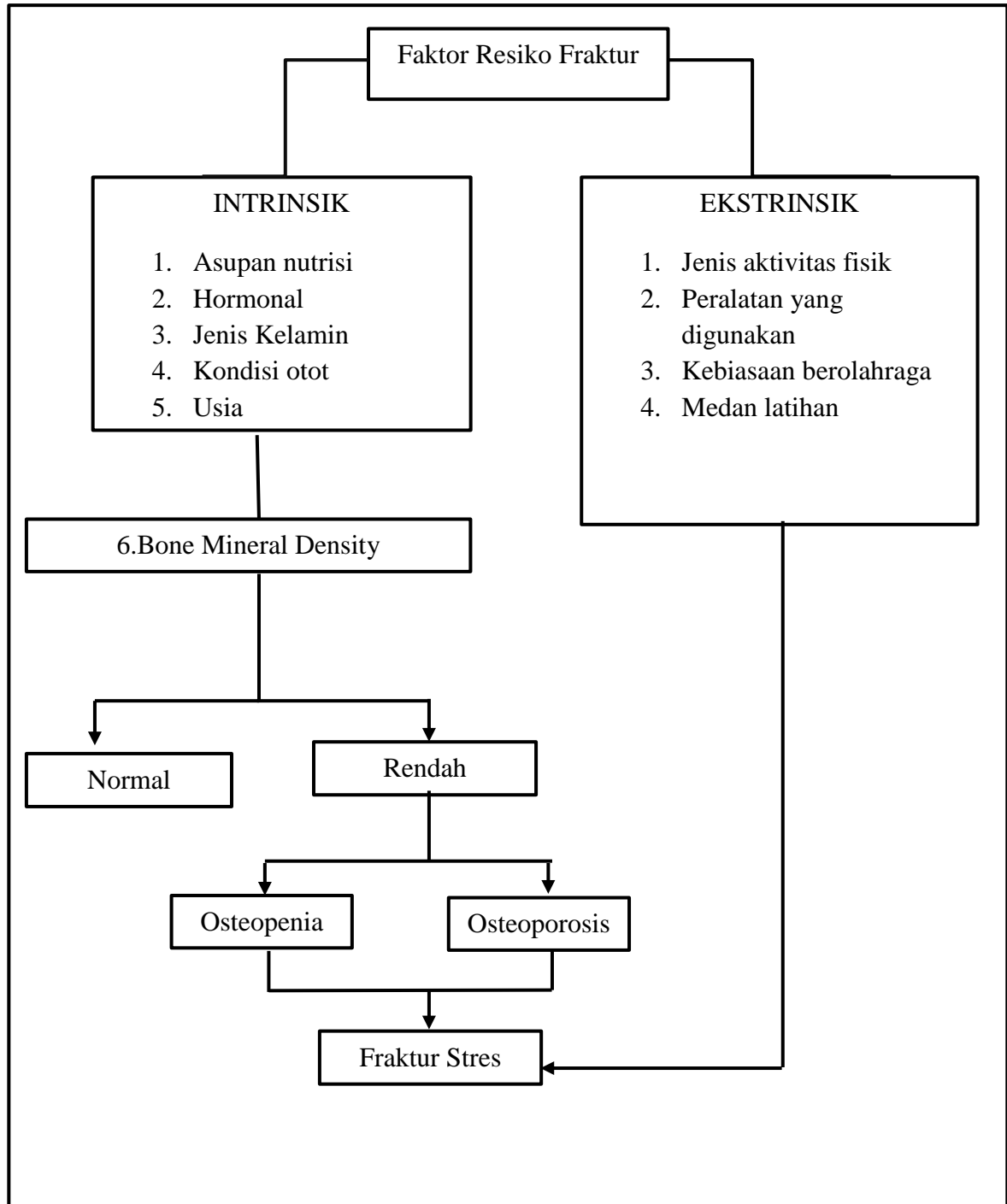
#### 4) Kesehatan tulang

Kesehatan tulang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti asupan makanan, hormone, dan biomekanik. Tulang dengan tingkat bone mineral density yang tinggi lebih jarang untuk terjadinya fraktur stres dikarenakan dapat menahan pemberian beban yang berulang, meskipun banyak perdebatan. Asupan makanan dapat mempengaruhi kesehatan tulang dan resiko dari fraktur stres. Penelitian Nieves et al., (2010) , menunjukan peningkatan asupan kalsium, vitamin D, dan protein berhubungan dengan meningkatnya bone mineral density dan menjadi faktor perlindungan dari fraktur stres, sedangkan kalium hanya dihubungkan dengan meningkatnya bone mineral density (Behrens et al., 2013).

Rendahnya kadar lemak tubuh dapat mengakibatkan penurunan kadar estrogen yang berujung pada osteoporosis dan lebih cenderung untuk terjadinya fraktur stres (Feldman et al., 2016). Penurunan kadar estrogen yang berhubungan dengan menopause juga berkontribusi dalam berkurangnya masa tulang dan otot (Pegrum et al., 2014). Rendahnya *Body Mass Index(BMI)* juga dihubungkan dengan pengurangan dari bone mineral density pada altit lari wanita muda dan meningkatkan resiko fraktur stress pada anggota militer wanita (Tenforde et al., 2013). Kelebihan berat

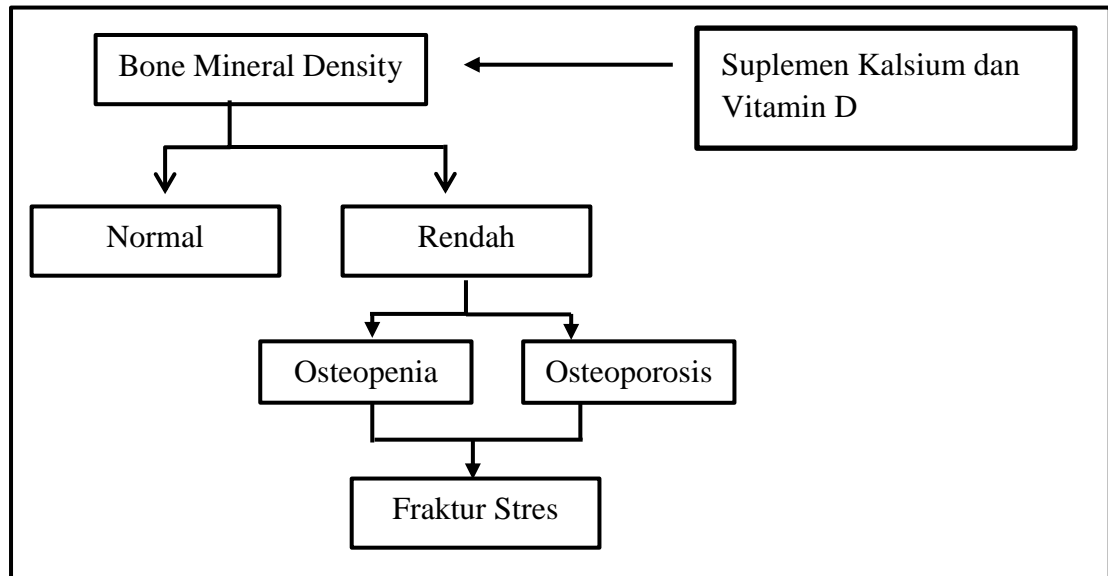
badan dan obesitas dapat menimbulkan efek protektif terhadap kesehatan tulang yang mana apabila BMI tinggi dihubungkan dengan angka BMD yang tinggi. Hal ini dikarenakan muatan yang diterima oleh tulang dari lemak akan menimbulkan remodeling tulang agar tulang dapat menahan beban yang diberikan oleh lemak (Hoxha et al., 2014)

## B. Kerangka Teori



Gambar 2. 1 Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep



**Gambar 2. 2 Kerangka Konsep**

### D. Hipotesis

1. H<sub>0</sub> : Tidak terdapat perbedaan antara kepadatan tulang dengan pemberian suplemen kalsium dengan vitamin D  
 H<sub>1</sub> : Terdapat perbedaan antara kepadatan tulang dengan pemberian suplemen kalsium dengan vitamin D
2. H<sub>0</sub> : Tidak terdapat perbedaan antara kepadatan tulang rendah dengan angka kejadian fraktur stres  
 H<sub>1</sub> : Terdapat perbedaan antara kepadatan tulang rendah dengan angka kejadian fraktur stres