

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Tulang

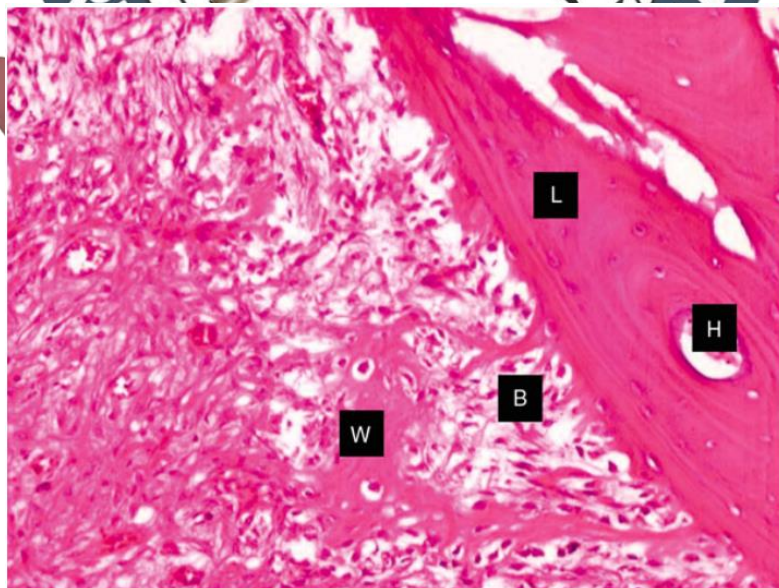
Tulang dikatakan sebagai bahan biologis yang memiliki struktur hierarki. Dikarenakan tulang terdiri dari berbagai tingkat organisasi struktural, dari skala makro hingga skala nano. Setiap tingkatan hierarki ini memiliki kontribusi terhadap sifat mekanis dan fungsional tulang secara keseluruhan. Ini terdiri dari 50-70% mineral, 20-30% matriks organik, dan 10-20% air. Kepadatan dan kekuatan tulang adalah hasil dari interaksi kompleks antara material organik dan anorganik (Ibrahim et al., 2020).

Sifat komposit tulang memberikan sifat mekanik yang unik. Matriks organik (terutama kolagen tipe I) dan matriks mineral (kristal hidroksiapatit yang tertanam dalam serat kolagen) merupakan komponen utama tulang. Mengingat kontribusinya terhadap sifat material, telah terbukti bahwa komponen mineral berperan besar dalam kekuatan tulang, sedangkan matriks organik terutama berperan dalam ketangguhan tulang dan deformasi plastis (Kranjoti et al., 2019).

Tulang memiliki dua komponen: tulang kortikal, yang padat dan mengelilingi rongga meduler, dan tulang trabekuler, yang terdiri dari jaringan pelat dan batang trabekuler berbentuk sarang lebah yang diselingi di dalam rongga meduler. Tulang kortikal memiliki permukaan periosteal luar dan permukaan periosteal bagian dalam. Periosteum adalah lapisan jaringan ikat fibrosa yang mengelilingi permukaan kortikal luar tulang, kecuali pada sendi yang tulangnya ditutupi oleh tulang rawan artikular. Ini mengandung pembuluh darah, serabut saraf, osteoblas dan osteoklas. Ini melindungi, memberi nutrisi dan meningkatkan pembentukan tulang. Ini memainkan peran penting dalam pengembangan aplikasi dan perbaikan

fraktur. Endosteum adalah struktur membran yang menutupi permukaan bagian dalam tulang kortikal dan spons serta saluran pembuluh darah (saluran Volkmann) di dalam tulang. (Fogelman et al., 2012)

Berdasarkan pola kolagen yang membentuk osteoid, tulang dibedakan menjadi *woven bone* (tulang anyam) dan *peripheral lamellar bone* (tulang pipih). Hal ini ditandai dengan susunan paralel teratur dari kolagen berlapis (lamela) (Gambar 1). Tulang pipih menunjukkan kekuatan mekanik yang besar, mirip dengan kayu lapis, karena perubahan orientasi serat kolagen. Pola datar normal ini tidak terdapat pada tulang anyam, dimana serat kolagen tersusun tidak beraturan. Oleh karena itu, tulang anyam lebih lemah dibandingkan tulang pipih. Tulang anyam terbentuk ketika osteoblas dengan cepat menghasilkan osteoid. Hal ini awalnya terjadi selama penyembuhan semua tulang dan patah tulang janin, namun pleksus tulang yang dihasilkan digantikan oleh proses yang disebut remodeling, di mana tulang pipih yang lebih tahan lama disimpan. Hampir semua tulang pada orang dewasa yang sehat adalah tulang pipih (Fogelman et al., 2012).



Gambar 2. 1 Mikrograf histologis tulang

Woven bone/ immature bone (W), osteoblas (B) *peripheral lamellar bone* (L) Kanal Haversian (H)

Tulang merupakan organ dinamis yang selalu berubah dan mengalami pembaruan. Sel-sel utama yang berperan dalam tulang, yaitu:

1. Osteoblas Osteoblas adalah sel yang bertanggung jawab atas pembentukan tulang. Osteoblas bekerja dengan membentuk dan mengeluarkan kolagen serta komponen organik non kolagen lainnya (komponen matriks tulang). Oleh karena itu, osteoblas memiliki peran penting dalam mineralisasi matriks organik.
2. Osteoklas Osteoklas adalah sel yang berperan dalam pemecahan tulang. Osteoklas merupakan sel utama dalam proses resorpsi tulang dan berasal dari sel induk sumsum tulang yang juga menghasilkan makrofag-monosit)(Trihanssari, 2009).

2.1.2 Pembentukan Tulang Kembali

Tulang adalah struktur dinamis dan kompleks yang terus mengalami proses remodeling, ditandai oleh resorpsi tulang yang rusak atau tua oleh osteoklas, diikuti oleh pembentukan tulang baru oleh osteoblas. Keseimbangan yang tepat antara resorpsi dan pembentukan tulang sangat penting untuk menjaga kesehatan kerangka. Remodeling tulang diperlukan untuk menggantikan tulang primer dengan tulang sekunder yang memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi, menghilangkan mikrofraktur dan fraktur iskemik, serta menjaga keseimbangan Ca^{+}/K^{+} yang tepat. Proses remodeling ini melibatkan koordinasi empat jenis sel: sel pelapis tulang, osteosit, osteoklas, dan osteoblas, serta melalui empat fase: aktivasi, resorpsi, pembalikan, dan pembentukan(Ramesh et al., 2021).

Osteoklas merupakan satu-satunya sel yang diketahui mampu menyerap tulang. Sel-sel ini biasanya memiliki banyak inti. Osteoklas berasal dari sel prekursor mononuklear dari garis keturunan monosit-makrofag (sel induk hematopoietik yang menghasilkan monosit dan makrofag). Sel prekursor mononuklear monosit-makrofag telah diidentifikasi dalam berbagai jaringan, tetapi sel prekursor monosit-makrofag sumsum tulang dianggap sebagai sumber utama osteoklas.Osteoblas dapat dirangsang untuk meningkatkan massa tulang

melalui peningkatan sekresi osteoid dan dengan menghambat kemampuan osteoklas untuk memecah jaringan tulang. Pembentukan tulang melalui peningkatan pembentukan osteoid dirangsang oleh sekresi hormon pertumbuhan oleh hipofisis, hormon tiroid, dan hormon seks (estrogen dan androgen)(Fogelman et al., 2012)

Remodeling tulang dapat dibagi menjadi enam fase: fase diam, aktivasi, resorpsi, pembalikan, pembentukan, dan mineralisasi. Proses ini terjadi di lokasi renovasi yang tersebar acak tetapi juga ditargetkan pada area yang memerlukan perbaikan.(Fogelman et al., 2012)

1. Fase Diam

Tulang berada dalam keadaan istirahat. Faktor yang memulai proses remodeling masih belum diketahui.

2. Tahap Aktivasi

Tahap pertama melibatkan pengaktifan permukaan tulang sebelum resorpsi. Ini dilakukan dengan menarik kembali sel-sel lapisan tulang (osteoblas matang) dan mencerna membran endosteal menggunakan kolagenase. Aktivasi awal ini mencakup perekrutan dan aktivasi prekursor osteoklas mononuklear dari sirkulasi darah, yang kemudian berinteraksi dengan osteoblas. Interaksi ini mengarah pada diferensiasi, migrasi, dan fusi osteoklas berinti banyak yang besar. Sel-sel ini menempel pada permukaan tulang yang termineralisasi dan memulai resorpsi melalui sekresi ion hidrogen dan enzim lisosom seperti cathepsin K..

3. Fase Resorpsi

Osteoklas mulai melarutkan matriks mineral dan menguraikan matriks osteoid, melepaskan faktor pertumbuhan seperti TGF- β , PDGF, dan IGF. Resorpsi ini menghasilkan rongga pada permukaan tulang yang disebut lakuna Howship pada tulang trabekuler atau

saluran Havers pada tulang kortikal. Proses ini memakan waktu sekitar 2-4 minggu.

4. Fase Pembalikan

Pada fase ini, resorpsi tulang beralih ke pembentukan tulang. Rongga resorpsi mengandung sel mononuklear, termasuk monosit, osteosit yang dilepaskan dari matriks tulang, dan preosteoblas, yang direkrut untuk memulai pembentukan tulang baru. Sinyal yang menghubungkan akhir resorpsi dengan awal pembentukan tulang belum sepenuhnya diketahui, tetapi beberapa kandidat sinyal meliputi faktor pertumbuhan dari matriks tulang.

5. Fase Pembentukan

Setelah proses resorpsi oleh osteoklas, osteoblas mengambil alih dan memulai pembentukan tulang. Preosteoblas menghasilkan zat penyemen untuk jaringan baru dan mengekspresikan protein morfogenik tulang (BMP) yang penting untuk diferensiasi. Osteoblas kemudian membentuk matriks osteoid yang mengisi rongga resorpsi, bekerja hingga menjadi sel lapis diam yang menutupi permukaan tulang baru dan terhubung dengan osteosit melalui jaringan kanalikuli.

6. Fase Mineralisasi

Proses mineralisasi dimulai 30 hari setelah deposisi osteoid, berakhir sekitar 90 hari pada tulang trabekuler dan 130 hari pada tulang kortikal. Setelah mineralisasi selesai, fase diam atau istirahat dimulai lagi. Siklus ini memastikan bahwa jumlah tulang yang terbentuk sama dengan jumlah tulang yang diserap.

2.1.3 Bone mineral content

Bone mineral content (BMC) didefinisikan sebagai massa mineral yang terkandung dalam seluruh tulang (g) atau sebagai massa mineral per satuan panjang tulang (g/cm). Ini merupakan parameter densitometri paling dasar yang dapat diukur dengan sebagian besar teknik densitometri. Meskipun massa mineral dapat diharapkan menjadi pengganti stabilitas tulang yang baik, BMC jelas merupakan parameter yang bergantung pada ukuran. Hal ini merupakan sebuah kelemahan, karena anak-anak yang bertubuh pendek akan memiliki BMC yang lebih rendah dibandingkan anak-anak seusianya yang sehat, meskipun tulang mereka (yang lebih kecil) dalam keadaan normal. Alasan yang sama berlaku untuk kepadatan mineral tulang areal (BMD), yang merupakan parameter densitometri yang paling banyak digunakan saat ini. (Schoenau et al., 2002)

Kristal hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ adalah komponen mineral utama tulang, berjumlah sekitar seperempat volume dan setengah massa tulang normal orang dewasa. Kristal mineral ini disimpan di sepanjang dan bersentuhan erat dengan serat kolagen tulang. Komponen kalsium dan fosfor (fosfat anorganik) kristal ini berasal dari plasma dan kemudian dari sumber nutrisi. Kalsium fosfat amorf matang melalui beberapa tahap peralihan untuk membentuk hidroksiapatit. Hasil akhirnya adalah campuran protein yang sangat terorganisir, terutama kolagen, dan mineral, terutama hidroksiapatit, yang memiliki integritas struktural yang cukup untuk menjalankan fungsi mekanis kerangka. Metabolit vitamin D dan hormon paratiroid (PTH) merupakan mediator penting dalam regulasi kalsium; defisiensi vitamin D atau hiperparatiroidisme akan menyebabkan penipisan mineral tulang. (Fogelman et al., 2012)

2.1.4 Faktor yang mempengaruhi bone mineral content

1. Jenis Kelamin

Secara fisiologis, pria cenderung memiliki BMC yang lebih tinggi dibandingkan wanita. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh fakta bahwa pria umumnya memiliki tulang yang lebih panjang dan lebih besar. Tulang yang lebih panjang memberikan lebih banyak ruang untuk penimbunan mineral, seperti kalsium dan fosfat, yang merupakan komponen utama dari BMC. Selain itu, hormon seperti testosteron pada pria berperan dalam meningkatkan massa tulang dan kepadatan mineral tulang, sehingga meningkatkan BMC secara keseluruhan. Akibatnya, perbedaan ini dalam fisiologi dan hormon menghasilkan BMC yang lebih tinggi pada pria dibandingkan dengan wanita.

Penelitian yang dilakukan pada subjek pra-pikun menunjukkan bahwa perbedaan jenis kelamin tetap stabil selama masa dewasa hingga menopause/andropause. (Sumnik et al., 2006). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Guimarães et al., 2018) menyebutkan bahwa BMC/BMD terjadi penurunan lebih tajam seiring dengan proses penuaan pada wanita dibandingkan pria. BMC/BMD pada wanita menurun sebesar 30% antara usia 20 sampai 80 tahun, sedangkan pada pria penurunannya hanya 16% pada rentang usia yang sama.

2. Umur

Umur mempengaruhi BMC secara signifikan. Peningkatan BMD dan BMC lebih cepat terjadi pada masa pubertas.

Seiring bertambahnya usia, tulang mengalami pertumbuhan dalam ukuran dan panjang, yang secara langsung

meningkatkan kandungan mineral tulang (bone mineral content atau BMC). Selama masa kanak-kanak dan remaja, tulang terus memanjang dan membesar berkat pengaruh hormon pertumbuhan dan aktivitas fisik yang tinggi. Tulang yang lebih besar dan panjang memiliki kapasitas lebih besar untuk menyimpan mineral seperti kalsium dan fosfat, yang berkontribusi pada peningkatan BMC.

Dengan bertambahnya usia dan pertumbuhan tulang yang berkelanjutan, jumlah total mineral yang dapat ditampung oleh tulang juga meningkat, sehingga BMC menjadi lebih tinggi. Namun, setelah mencapai puncak pertumbuhan di awal usia dewasa muda, BMC biasanya mencapai puncaknya. Setelah puncak ini, kandungan mineral tulang cenderung menurun seiring bertambahnya usia. Penurunan ini terjadi karena proses penuaan alami, penurunan aktivitas fisik, serta perubahan hormon yang mempengaruhi kepadatan tulang.

Oleh karena itu dikenal istilah PHV (*peak height velocity*) dan PBM (*peak bone mass*). PHV merupakan indikator kematangan somatik yang mewakili waktu pertumbuhan maksimum tinggi badan selama masa remaja, sedangkan PBM adalah kepadatan mineral tulang (BMD) tertinggi yang dicapai. Dari hasil penelitian (Baxter-Jones et al., 2011) didapatkan PHV yang setara sekitar 18,8 dan 20,5 tahun menurut kondisi usia kronologis. Usia masing-masing pada perempuan dan laki-laki (yaitu, usia pada PHV masing-masing adalah 11,8 dan 13,5 tahun untuk perempuan dan laki-laki). PBM dicapai 5 tahun setelah PHV untuk perempuan (kronologis usia 16,8 tahun) dan laki-laki (usia kronologis sekitar 18,5 bertahun-tahun). Baik pria maupun wanita mencapai puncak BMC 3 tahun setelah PHV (usia kronologis

sekitar 14,8 tahun untuk perempuan dan 16,5 tahun untuk laki-laki).

Penelitian oleh (Cossio-Bolanos et al., 2022) Menurut usia keadaan mineral tulang dibagi menjadi beberapa fase, yaitu fase pertama percepatan pertumbuhan disorot dari usia 5 hingga 30 tahun diikuti oleh fase stabilitas kedua yang berlangsung hingga awal usia 40 tahun, dan fase ketiga fase yang ditandai dengan penurunan kesehatan tulang secara bertahap hingga usia 80 tahun.

3. Pubertas

Pada masa pubertas, rasio BMC/MA (sebagai indeks utama unit otot-tulang fungsional) stabil pada anak laki-laki, namun meningkat secara signifikan pada anak perempuan. Sejak pubertas dini hingga menopause, wanita memproduksi lebih banyak jaringan tulang daripada yang diperlukan secara fungsional hal ini disebabkan oleh aposisi endokortikal yang dimodulasi oleh estrogen. Secara teori dikarenakan kumpulan tulang yang secara fisiologis "berlebihan" ini dapat digunakan sebagai cadangan untuk masa kehamilan dan menyusui ketika tampaknya terjadi peningkatan resorpsi tulang (Sumnik et al., 2006).

Peningkatan BMC yang paling nyata terjadi pada usia 10 hingga 14 tahun pada anak perempuan dan usia 15 hingga 19 tahun pada anak laki-laki, yang merupakan masa percepatan pertumbuhan pubertas mereka (Nakavachara et al., 2014)

4. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik berupa latihan resistensi atau daya tahan cenderung mendorong perubahan BMD dan BMC melalui tekanan mekanis pada tulang, dan latihan beban cenderung menjadi aktivitas fisik dengan potensi tertinggi untuk merangsang perubahan atau pemeliharaan BMD dan BMC (Guimarães et al., 2018). Sedangkan latihan aerobik seperti berjalan dinilai tidak memberikan efektivitas yang signifikan dibandingkan dengan latihan beban.

Aktivitas fisik akan meningkatkan kekuatan otot baik secara langsung mempengaruhi BMC/BMD atau tidak langsung dengan meningkatkan *lean mass* dan kapasitas fungsionalnya. Aktivitas fisik yang teratur secara positif memengaruhi kesehatan tulang dengan meningkatkan kepadatan dan kekuatan mineral tulang (JAN et al., 2023). Penelitian menunjukkan semua latihan dan aktivitas seperti latihan beban, latihan ketahanan, dan aktivitas berdampak tinggi, selama dilakukan secara teratur dapat merangsang proses pembentukan tulang yang lebih padat dan kuat (JAN et al., 2023).

5. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Peningkatan IMT sebanding dengan peningkatan BMC. Penelitian oleh (Piñar-Gutierrez et al., 2022) menunjukkan BMC yang lebih tinggi pada subjek yang mengalami obesitas, disebabkan oleh efek mekanis dari berat badan pada tulang. Studi yang dilakukan pada hewan menunjukkan bahwa osteosit sangat sensitif terhadap stres biomekanik. Osteosit akan mengalami apoptosis apabila tulang tidak mengalami penekanan atau penegangan. Sedangkan, ketika sinyal tegangan ditangkap oleh osteosit

mereka tidak mengalami apoptosis. Pada saat yang sama, kerja osteoklas ditekan, dan diferensiasi osteoblastik distimulasi (Piñar-Gutierrez et al., 2022).

Piñar-Gutierrez et al. Juga menjelaskan adanya penurunan biomarker resorpsi tulang yang lebih besar dibandingkan penanda pembentukan tulang. Hal ini menegaskan bahwa penambahan berat badan sebanding dengan BMC.

Selain faktor mekanis juga terdapat pengaruh dari hormon estrogen yang mempunyai efek penting pada metabolisme tulang. Estrogen akan menstimulasi pembentukan tulang dan mengurangi resorpsi tulang. Hubungan antara jaringan adiposa dan metabolisme estrogen sangat erat, karena jaringan adiposa adalah salah satu sumber utama enzim aromatase, yang bertanggung jawab untuk sintesis estrogen.

6. Faktor Diet

Aspek diet yang mempengaruhi BMC meliputi kalsium, vitamin D, dan protein. Ketiga nutrisi ini memiliki peran penting dalam proses osteogenesis, pemeliharaan, dan kesehatan tulang secara keseluruhan. Menurut (Nakavachara et al., 2014) asupan kalsium, sangat penting untuk perolehan massa tulang dan untuk mencapai massa tulang puncak. Mineral kalsium memiliki dua peran utama dalam tubuh, yaitu pemeliharaan integritas struktural dan pengaturan fungsi metabolisme.

Penyerapan kalsium dari makanan terjadi di jejunum, ileum, dan kolon, baik secara aktif (membutuhkan energi) maupun pasif. Ketika konsentrasi kalsium rendah, kalsitriol akan merangsang transpor aktif. Saat konsentrasi meningkat,

difusi pasif berperan. Pada saat terjadi penuaan dimulai dari usia 60 tahun, akan terjadi penurunan penyerapan kalsium.

Vitamin D berperan penting dalam homeostasis kalsium-fosfat. Sebagian besar vitamin D bersumber dari radiasi ultraviolet B matahari yang mengonversi 7-dehidrokolesterol melalui serangkaian proses menjadi bentuk aktifnya di tubuh. Vitamin D memiliki efek langsung dan tidak langsung yang berdampak positif terhadap mineralisasi tulang. Secara tidak langsung vitamin D dapat meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfor di usus dan juga mengendalikan ekspresi saluran ion kalsium di sel-sel usus dan ginjal. Secara lokal pada tulang terjadi peningkatan produksi protein tulang, seperti osteokalsin dan kolagen tipe I, pengaturan homeostasis fosfat, peningkatan diferensiasi osteoblas, dan pengendalian aktivitas osteoklas. (Rizzoli et al., 2010)

Peran protein dalam mempengaruhi BMC yaitu asam amino yang diperoleh dari protein makanan digunakan tubuh dalam membangun matriks tulang. Protein makanan juga berperan mengubah sekresi dan aksi hormon osteotropik IGF-I sehingga protein makanan dapat memodulasi potensi genetik dalam pencapaian PBM. (Rizzoli et al., 2010)

2.1.5 Cara mengukur bone mineral content

1. DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry)

DEXA atau DXA diperkenalkan pada tahun 1987, yang mana prinsip kerjanya dengan mengukur penyerapan jaringan relatif dari spektrum sinar-X energi ganda. Meski pengukurannya menggunakan sinar-X, tingkat radiasinya sangat rendah. DXA mengukur kepadatan mineral tulang secara integral, karena DXA tidak dapat membedakan antara tulang kortikal dan trabekuler. Nilai massa tulang yang diperoleh dari pengukuran ini disebut

kepadatan mineral tulang (BMD=Bone Mineral Density). Setiap kepadatan tulang yang diamati dibandingkan dengan kesehatan atau normalitas tulang muda yang sehat atau dibandingkan dengan data terkait usia (Trihapssari, 2009)

Metode ini mengukur massa tulang di pinggul, pergelangan tangan, tulang belakang, atau seluruh kerangka. Kebanyakan pusat kesehatan menggunakan DXA untuk mengukur tulang belakang lumbal (L1-L4) dan BMD pinggul, karena tulang belakang adalah tulang yang paling tingkat perubahannya paling besar sedangkan BMD pinggul digunakan untuk memprediksi risiko patah tulang pinggul. (Griffith & Genant, 2008)

Hasil pencitraan DXA dilaporkan sebagai skor T untuk orang diatas 19 tahun. Untuk pasien berusia 19 tahun kebawah hasilnya dilaporkan dengan skor Z yang disesuaikan dengan usia, jenis kelamin dan etnis.

2. BIA (Bio-electrical Impedance)

BIA adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur komposisi tubuh, termasuk massa tulang atau Bone Mineral Content (BMC). Metode ini sering digunakan karena relatif cepat, non-invasif, dan mudah dilakukan. Karena BIA saat ini merupakan metode yang paling tersedia dan lebih murah, teknik ini, dibandingkan DXA, yang diterapkan pada sebagian besar pasien kami. Namun, beberapa penulis telah menunjukkan ketidaksepakatan yang signifikan antara metode-metode ini, khususnya untuk pengukuran kandungan mineral tulang (BMC). Jika BMC diukur dengan DXA, maka BMC diprediksi dengan menggunakan persamaan. BIA menghasilkan estimasi BMC yang kurang konsisten, sehingga metode ini tidak direkomendasikan untuk mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami patah tulang. Meskipun perbedaan antara pengukuran BIA dan DXA telah dijelaskan, alasannya masih belum dapat dijelaskan. (Jorgetti, 2020)

2.1.6 Drumband

Menurut KBBI *drumband* atau dalam bentuk baku drumben adalah kelompok pemusik yang sambil berbaris memperagakan berbagai gerak dan bentuk dengan memainkan alat-alat musik perkusi, terompet, gendang, dan sebagainya di bawah pimpinan gitapati (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, 2023). Drumband adalah salah satu dari 2 UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) besar yang ada di Universitas Pertahanan. Drumband Universitas Pertahanan memiliki nama Genderang Suling Canka Praditya Wiratama.

Secara garis besar kegiatan yang dilakukan oleh anggota drumband meliputi pelatihan keterampilan musik dan penguatan fisik. Pelatihan keterampilan musik sangat penting agar dapat menghasilkan lagu-lagu dengan melodi yang indah dan nyaman didengar telinga. Hal ini dapat dihasilkan dengan kegigihan dan kerja sama dari setiap jenis instrumen musik yang dimainkan.

Disisi lain penguatan fisik tidak kalah pentingnya dibandingkan pelatihan keterampilan musik. Daya tarik GSCPW selain lantunan musiknya adalah atraksi atraksi yang memukau. Atraksi yang dimaksud adalah gerakan koreografi berupa langkah-langkah kaki yang teratur, lompatan, atau gerakan tubuh lainnya yang menciptakan tampilan visual yang menarik.

Berdasarkan buku pedoman tradisi Genderang Suling Canka Praditya Wiratama (Pertahanan, 2023), pembinaan fisik yang diterapkan kepada junior sudah didahului rasakan oleh para senior dengan demikian, aktifitas yang dilakukan tentu dalam batas yang wajar dan sebelum melaksanakan pembinaan dilaksanakannya pemanasan untuk menghindari cedera tubuh, untuk melakukan aktifitas pembinaan fisik terdapat beberapa batasan yang dilakukan untuk para personel Genderang Suling, diantaranya :

- Push Up

Aktifitas berikut ini dilaksanakan untuk para personel agar menguatkan otot tangan para personel Genderang Suling lebih tahan dalam memainkan alat yang ditanggung jawabkan, untuk intensitas yang diberikan sesuai dengan batas wajar dalam sekitar 40-100 hitungan.

- Sit up

Sit up dilaksanakan bagi personel Genderang Suling untuk memperkuat otot bagian perut atau otot inti, dimana otot ini menjadi kunci dalam latihan dengan kekuatan otot perut dapat meningkatkan daya tahan tubuh, untuk intensitasnya sekitar 40-100 hitungan.

- Jumping Jack

Aktifitas ini dilaksanakan sebagai pemanasan dan juga sebagai bagian inti aktifitas fisik pembinaan, berfungsi untuk menguatkan otot bagian betis dan perut dan juga ketahanan nafas sehingga menguatkan personel dalam latihan, intensitas latihan yang diberikan sekitar 50-100 hitungan taktis.

Anggota drumband juga dituntut untuk mampu berjalan menempuh jarak jauh sembari membawa dan memainkan instrumen musik, terutama ketika mereka mengikuti parade/kirab. Jarak yang ditempuhnya bervariasi mulai dari 3 kilometer hingga 5 kilometer. Kirab ini biasanya memakan waktu sekitar 2 sampai 3 jam jalan kaki. Penelitian oleh (COWEN, 2006) mengukur jumlah langkah rata rata yang dilakukan oleh anggota drumband di salah satu universitas di Amerika Serikat, didapatkan pada hari latihan reguler ($M = 13.258,8$, $SD = 4.842,7$) dibandingkan dengan hari penampilan ($M = 16.174,6$, $SD = 6.456,4$). Mengingat jarak yang harus ditempuh, latihan fisik menjadi bagian penting dari persiapan mereka.

2.1.7 UKM Seni Non-drumband

2.1.7.1 Orkestra

Secara etimologis, kata "orkestra" berasal dari bahasa Yunani kuno yang berarti "tempat menari." Di beberapa teater, istilah orkestra juga merujuk pada tempat duduk di depan panggung untuk para pemusik dan paduan suara, yang dikenal sebagai primafila atau platea.

Secara umum, orkestra merujuk pada kelompok besar musisi yang memainkan berbagai alat musik secara bersamaan. Meskipun awalnya istilah orkestra berarti tempat di mana paduan suara Yunani bernyanyi dan menari, pada awal abad ke-18, makna tersebut berubah menjadi sebutan bagi para musisi itu sendiri.

Orkestra adalah sebuah organisasi musik yang melibatkan berbagai jenis instrumen, terdiri dari empat bagian: section alat gesek yang mencakup biolin, biola, cello, dan contrabass; section alat tiup kayu yang meliputi flute, saxophone, clarinet, bassoon, dan oboe; section alat tiup logam seperti trumpet, horn, trombone, dan tuba; serta section perkusi yang terdiri dari timpani, triangle, bass drum, dan lainnya. Symphoni Praditya Wiratama adalah Orkestra Universitas Pertahanan RI yang memiliki makna yakni gabungan melodi yang dimainkan oleh ksatria-ksatria cendikiawan negeri yakni Kadet Mahasiswa UNHAN RI.

Dasar dibentuknya Orchestra UNHAN RI, berawal dari antusias Bapak Menhan yang saat itu berkunjung ke instansi yang dimana instansi tersebut memiliki tim Orchestra yang menyuguhkan penampilan memukau dan mendapat apresiasi dari Bapak Menhan.

Maka pada tanggal 13 Juni tahun 2022 atas perintah dari Bapak Menhan Prabowo Subianto, dibentuklah Orchestra UNHAN RI yang bertujuan untuk menciptakan harmoni nada dengan melodi yang indah para Kadet Mahasiswa UNHAN RI dalam bermain alat musik melalui wadah Orchestra. Orchestra Symphony Praditya Wiratama dengan jumlah personel kurang lebih 90 Kadet Mahasiswa dan Mahasiswi ini telah menampilkan penampilan perdananya dalam serangkaian acara Kirab Kota

Drumband UNHAN RI dan Akademi TNI dalam rangka memeriahkan HUT RI ke-77 pada 21 Agustus 2023 di Jakarta.

Pemain orkestra profesional dapat menghabiskan waktu berjam-jam selama latihan dan penampilan. Dari laporan harian didapatkan UKM orkestra Unhan menghabiskan waktu minimal 1,5 jam dan maksimal 4 jam untuk sekali latihannya. Duduk dalam waktu lama dapat merugikan kesehatan tulang dikarenakan tidak adanya aksi kontraktif otot rangka pada tulang serta tidak adanya beban gravitasi pada rangka. (Pedro et al., n.d.)

2.1.7.2 Paduan Suara

Paduan suara adalah pertunjukan musik vokal yang dinyanyikan oleh sekelompok individu. Biasanya paduan suara menggabungkan berbagai jenis atau warna suara seperti sopran, tenor, alto, dan bass untuk menciptakan satu kesatuan yang harmonis.

Bentuk latihan paduan suara lebih menitikberatkan pada kegiatan yang dirancang untuk meningkatkan teknik vokal, keterampilan harmonisasi, dan keselarasan antar penyanyi. Latihan paduan suara umumnya melibatkan aktivitas fisik yang relatif minim. Selama latihan, penyanyi biasanya berdiri dalam posisi yang stabil dengan sedikit gerakan tubuh. Fokus utama latihan paduan suara adalah pada teknik vokal, harmonisasi, dan interpretasi musik, yang memerlukan konsentrasi pada kontrol pernapasan dan kualitas suara.

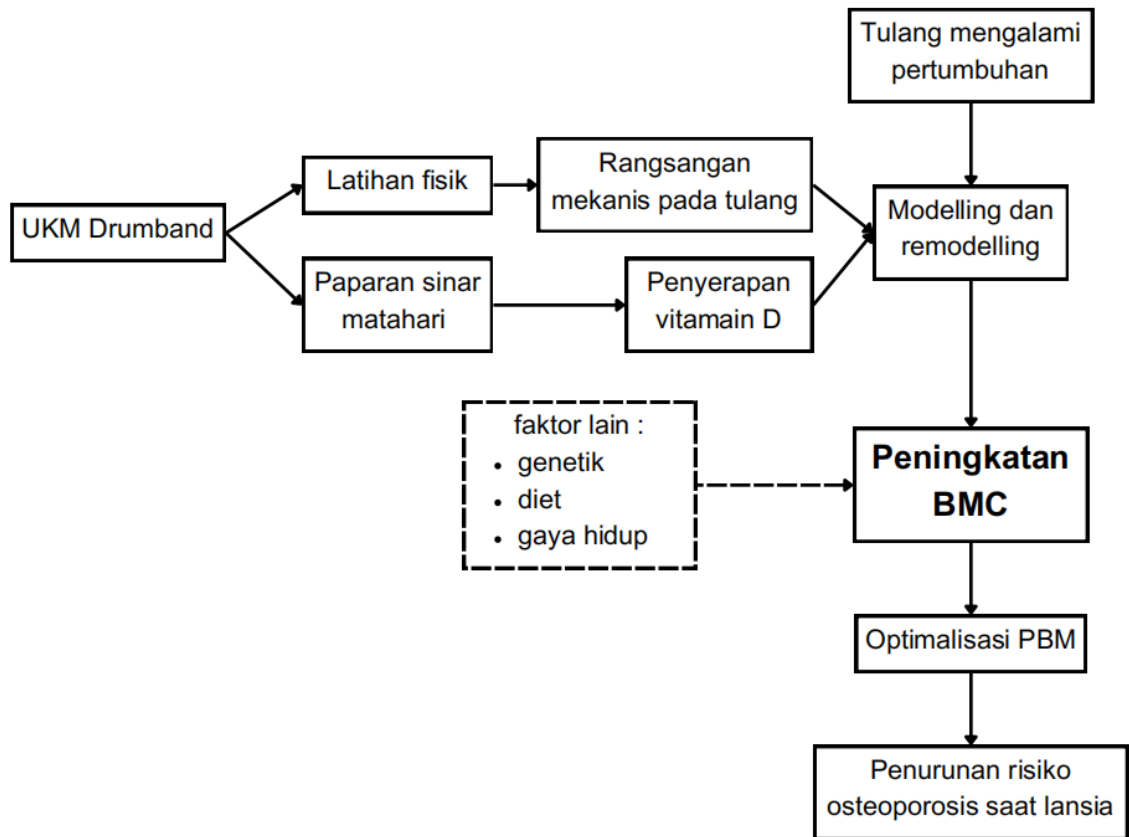
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Penulis/Tahun	Judul	Metode	Hasil
1	Alvarez, Alexander/2022	<i>The Effects Of External Load And Body Composition On The Sebt In Marching Band Performers</i>	Desainnya observasional cross-sectional. Menggunakan instrumen DEXA dan SEBT	Rata-rata bone mineral content pemain marching band (2.58 ± 0.49 kg).
2	Valente-dos-Santos, et al. /2018	<i>Total and regional bone mineral and tissue composition in female adolescent athletes: Comparison between volleyball players and swimmers</i>	Komparatif observasional dengan pendekatan cross-sectional. Instrumen yang digunakan DXA scan	Atlet bola voli memiliki tingkat kepadatan mineral tulang yang sedang lebih tinggi pada ekstremitas bawah dibandingkan dengan olahraga tanpa beban seperti renang.
3	Bejer, Agnieszka/2023	<i>A comparison of bone mineral density and bone mineral content and soft-tissue composition between male volleyball players and inactive men</i>	Komparatif observasional dengan pendekatan cross-sectional. Menggunakan instrumen DXA dengan Lunar iDXA	Pemain voli memiliki BMC dan BMD yang lebih tinggi dibandingkan orang normal dan BMD, BMC, dan LBM tungkai atas dikonfirmasi.
4	Imeri, Behrooz Gheitasi, Mehdi /2023	<i>Bone Mineral Density and Content among Iranian Elite Male Athletes in Different Sports</i>	Komparatif observasional dengan pendekatan cross-sectional.	BMC dan BMD lebih tinggi pada atlet renang dibandingkan dengan atlet basket, voli, dan marathon

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

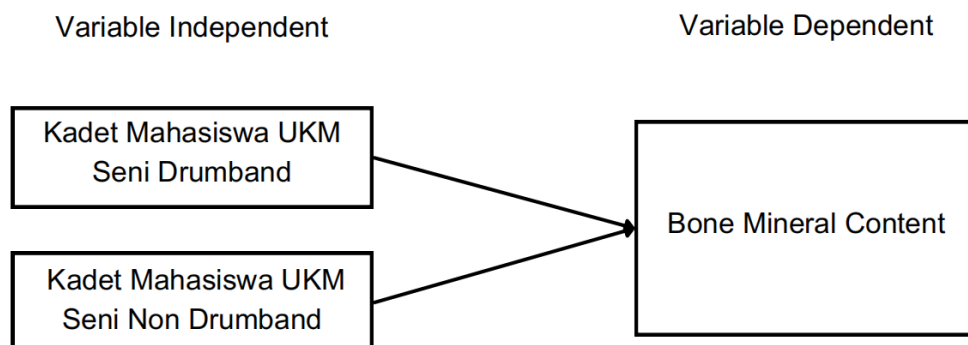
2.3 Kerangka Berpikir

2.3.1 Kerangka Teori



Bagan 2.1 Kerangka Teori

2.3.2 Kerangka Konsep



Bagan 2.2 Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

H0 : Tidak terdapat perbedaan *bone mineral content* antara Kadet Mahasiswa yang mengikuti UKM seni drumband dan UKM seni non drumband

H1 : Terdapat perbedaan *bone mineral content* antara Kadet Mahasiswa yang mengikuti UKM seni drumband dan UKM seni non drumband

