



**KEKUATAN MEKANIS TULANG MANDIBULA PADA
HEWAN MODEL DISFUNSI OVARIUM**

(In vivo study)

SKRIPSI

Oleh

Bangun Febrianto

NIM 141610101059

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**KEKUATAN MEKANIS TULANG MANDIBULA PADA
HEWAN MODEL DISFUNSI OVARIUM**

(In vivo study)

SKRIPSI

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan pendidikan di Fakultas Kedokteran Gigi (S1) dan
mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi**

Oleh:

- 1 Bangun Febrianto**
- 2 NIM 141610101059**

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta Hadi Winata dan Darwati yang selalu mendukung saya baik secara moral dan finansial;
2. Kakek saya Kasidi yang selalu mendoakan yang terbaik untuk saya;
3. Bapak-Ibu guru, dosen-dosen yang telah membimbing dan telah mendidik saya sejak taman kanak-kanak, sampai sekarang hingga saat ini;
4. Teman-teman saya yang pernah atau selalu ada untuk saya;
5. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

MOTO

"Bersabar dan cukup dilakukan."

(Penulis)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bangun Febrianto

NIM : 141610101059

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula pada Hewan Model Disfungsi Ovarium (in vivo study)” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya plagiat. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Juni 2020

Yang menyatakan

Bangun Febrianto

NIM 141610101059

SKRIPSI

**KEKUATAN MEKANIS TULANG MANDIBULA PADA
HEWAN MODEL DISFUNSI OVARIUM**

(In vivo study)

Oleh

Bangun Febrianto

141610101059

Pembimbing

Pembimbing Utama : drg. Roedy Budirahardjo, M.Kes, Sp.KGA

Pembimbing Pendamping : drg. Agustin Wulan Suci D., MDSc

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula pada Hewan Model
Disfungsi Ovarium (in vivo study)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Dosen Penguji Utama

Dosen penguji Anggota

Drg. Tecky Indriana M.Kes.
NIP 196811261997022001

drg. Budi Yuwono M.Kes.
NIP196709141999031002

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

drg. Roedy Budirahardjo, M.Kes, Sp. KGA
NIP 196407132000121001

drg. Agustin Wulan Suci D., MDSc
NIP 197908142008122003

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Drg. R. Rahardyan Parnaadji, M., Sp. Pros
NIP 196901121996011001

RINGKASAN

Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula pada Hewan Model Disfungsi Ovarium (in vivo study); Bangun Febrianto; 141610101059; 2020; 40 halaman; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Disfungsi ovarium merupakan kegagalan fungsi ovarium yang menyebabkan menopause sebelum waktunya (*early menopause*). Disfungsi ovarium merupakan kondisi penurunan fungsi ovarium yang ditandai oleh perubahan hormon reproduksi, fisik dan psikologis wanita. Sebagian besar wanita mulai mengalami gejala menopause pada usai 45 tahun dan puncaknya pada usia 50 tahun. Penderita *early menopause* memiliki kemungkinan besar mengalami penurunan kekuatan tulang pada daerah mandibula. Hal ini memungkinkan terjadi perubahan rencana perawatan dalam bidang kedokteran gigi.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian the post test only control group design, yaitu melakukan pengamatan dan pengukuran setelah perlakuan dan hasilnya dibandingkan dengan kontrol.

Hasil penelitian kemudian dilakukan uji normalitas dan homogenitas dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan Levene. Hasil uji normalitas dan homogenitas menunjukkan data terdistribusi secara normal dan homogen ($p \geq 0.05$). Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, nilai rata-rata modulus elastisitas, kekakuan, dan ketebalan dianalisis dengan menggunakan independent t-test untuk mengetahui perbedaan rata-rata nilai sifat mekanis tulang antar kelompok. Hasil analisis data menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna pada nilai rata-rata kekuatan mekanis tulang mandibula kelompok kontrol dan kelompok model disfungsi ovarium ($p \leq 0.05$). Kesimpulan penelitian ini adalah adanya perbedaan kekuatan mekanis tulang mandibula kelompok kontrol dan kelompok model disfungsi ovarium.

PRAKATA

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas berkat dan rahmat serta pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula pada Hewan Model Disfungsi Ovarium (in vivo study)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas rahmat dan pertolongan-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Kedua orangtua saya tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan segalanya untuk saya;
3. drg. Roedy Budirahardjo M.Kes.Sp.KGA selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Agustin Wulan Suci D., MDSc selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi saran dengan tulus dan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
4. Dr. Drg Tecky Indriana, M.Kes selaku Dosen Penguji Utama dan drg. Budi Yuwono, M. Kes selaku Dosen Penguji anggota yang telah bersedia menguji dan memberikan masukan yang baik dan bermanfaat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
5. drg. R. Rahardyan Parnaadji, M. Kes., Sp. Pros selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;

6. Seluruh dosen Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah mendidik saya selama kuliah ini dan bersedia berbagi ilmu yang dimiliki kepada saya;
7. Seluruh staf Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini;
8. Seluruh FKG angkatan 2014, terima kasih kekompakannya serta semangat yang diberikan selama ini, saya bangga bisa menjadi bagian dari kalian;
9. Semua teman yang sudah menemani, memberikan semangat, dan mengingatkan saya tentang hal yang baik selama menjalani kuliah;
10. Semua pihak yang ikut terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih banyak.

Jember, 15 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN BIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	1
BAB 1. PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Disfungsi Ovarium	6
2.2 Hormon Estrogen	7
2.3 Tulang.....	7
2.4 Tulang Mandibula	9
2.5 Perilaku Mekanik Tulang	10
2.6 Kekuatan Mekanis	11
2.6.1 Kekakuan.....	12
2.6.2 Modulus Elastisitas	13
2.7 Kerangka Konsep	14
2.8 Hipotesis	15
BAB 3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian	16

3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.3	Waktu Penelitian	16
3.4	Identifikasi Variabel Penelitian	16
3.4.1	Variabel Bebas	16
3.4.2	Variabel Terikat.	16
3.4.3	Variabel Kendali	16
3.5	Definisi Operasional Penelitian.....	17
3.5.1	Model Tikus Disfungsi Ovarium	17
3.5.2	Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula.....	17
3.6	Populasi dan Sampel Penelitian	17
3.6.1	Populasi dan Sampel Penelitian	17
3.6.2	Kriteria Sampel penelitian.....	17
3.6.3	Jumlah Sampel Penelitian	17
3.6.4	Pembagian Kelompok	18
3.7	Prosedur Penelitian.....	18
3.7.1	Hewan Coba	18
3.7.2	Prosedur Bedah (Ovariectomi)	18
3.7.3	Dekapitasi dan Pengambilan Sampel Mandibula.....	19
3.7.4	Pengukuran Dengan Three Point Bending.....	19
3.8	Analisis data	21
3.9	Alur Penelitian.....	22
4	BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil penelitian.....	23
4.2	Pembahasan	24
	BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1	Kesimpulan.....	28
5.2	Saran.....	28
6	DAFTAR PUSTAKA	29
7	LAMPIRAN.....	32

2.1 Latar Belakang

Mandibula sebagai tulang arsitektur wajah merupakan tulang anisotropic yang kekuatan tiap sisi tidak sama dalam menerima beban dari semua arah. Dalam keadaan istirahat dan fungsional, tulang mandibula akan mengalami deformasi (melengkung), walaupun deformasi ini tidak semuanya tampak secara klinis. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gravitasi, aktivitas otot selama pengunyahan dan bicara, atau adanya benturan. Apabila tulang mandibula tidak mampu menahan stress, kompresi, dan kekuatan geser tersebut, mandibula akan mengalami fraktur (Min Wang, Laurencin and Yu, 2019).

Arsitektur tulang ini ditentukan oleh komposisi (ultrastruktur tulang) dan biomekanik tulang (rigiditas/ kekakuan). Keduanya akan menentukan perilaku tulang, meliputi porositas, hubungan trabecular, kekuatan mekanis, densitas mineral, integritas kolagen dan ketebalan trabecular. Akan tetapi komposisi dan biomekanik tulang bersifat dinamis, oleh karena dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin dan lokasi tulang (Min Wang, Laurencin and Yu, 2019). Secara fisiologis biomekanik tulang dan komposisi tulang akan mengalami penurunan seiring dengan pertambahan usia atau aging, terutama pada wanita. Hal ini dikaitkan dengan perubahan hormonal pada masa menopause (Yeh *et al.*, 2019).

Menopause ini tidak hanya terjadi secara fisiologis, tetapi keadaan patologi dapat memicu menopause, yang disebut disfungsi ovarium atau early menopause. Disfungsi ovarium merupakan kegagalan atau penurunan fungsi ovarium sebelum usia 40 tahun yang ditandai dengan perubahan kadar hormone seks dan abnormalitas reseptor hormon seks steroid di jaringan. Disfungsi ovarium disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya adalah tindakan bedah pengangkatan ovarium. Meskipun prevalensi dan insidensi kasus ini kurang dari 10% dari jumlah populasi wanita di dunia, akan tetapi hal ini akan menjadi pertimbangan dalam menentukan rencana perawatan gigi dan mulut (Rudnicka *et al.*, 2018).

Disfungsi ovarium ini akan memicu osteoporosis dan kehilangan tulang alveolar yang besar (Fonseca *et al.*, 2015; Rudnicka *et al.*, 2018). Beberapa

penelitian menyebutkan bahwa disfungsi ovarium akibat proses fisiologis (menopause) meningkatkan resiko kehilangan tulang pada mandibula dan menurunkan densitas mineral tulang femur (Cunha *et al.*, 2010; Munakata *et al.*, 2011). Hal ini berdampak dalam pembuatan protesa, perawatan implant dan meningkatnya kasus periodontitis (Koszuta *et al.*, 2015).

Guna mencegah dampak disfungsi ovarium terhadap kualitas tulang mandibula dan mempermudah menentukan rencana perawatan kedokteran gigi, perlu dilakukan pengujian kekuatan mekanis tulang mandibula pada kasus disfungsi ovarium. Selama ini masih sedikit informasi tentang pengaruh disfungsi ovarium terutama dipicu keadaan patologis terhadap kekuatan tulang mandibula. Kekuatan mekanis tulang merupakan sifat fisik tulang yang menunjukkan kepadatan dan porositas tulang. Kekuatan mekanis ini dapat dilakukan menggunakan uji bending terutama *three bending point*. Tujuan dari pengujian kekuatan mekanis tulang ini adalah untuk menentukan kekuatan, kekakuan dan ketahanan tulang (Min Wang, Laurencin and Yu, 2019). Penelitian ini akan menggunakan hewan model disfungsi ovarium yaitu ovariektomi pada usia remaja. Hewan model ini diperkirakan sebagai mimicking early menopause atau disfungsi ovarium patologis.

2.2 Rumusan Masalah

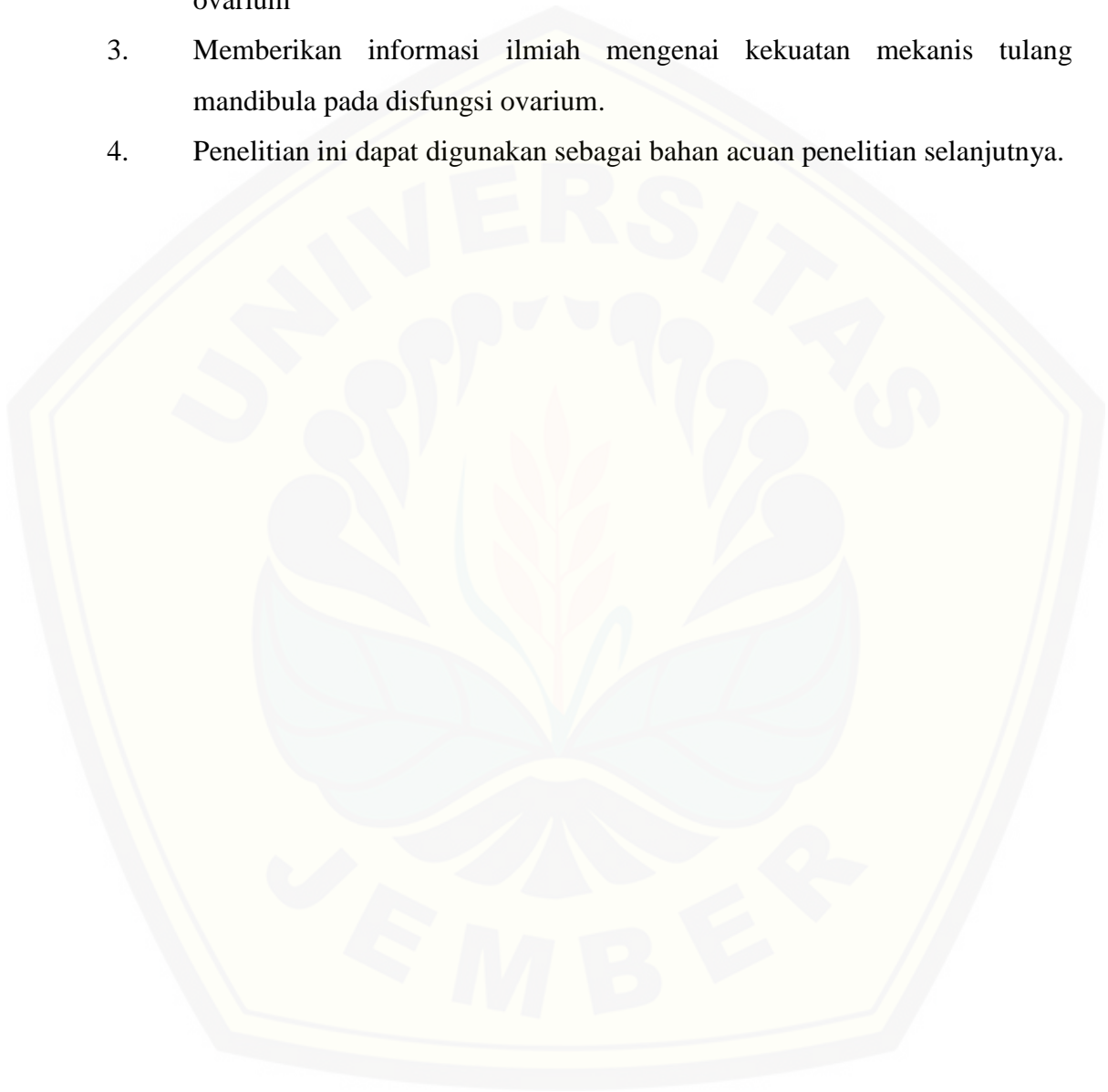
Apakah terdapat perbedaan kekuatan mekanis tulang mandibula hewan model disfungsi ovarium dengan hewan tanpa disfungsi ovarium.

2.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan mekanis tulang mandibula hewan model disfungsi ovarium dengan hewan tanpa disfungsi ovarium.

2.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga kesehatan reproduksi wanita terhadap kesehatan rongga mulut.
2. Memberikan informasi tentang upaya pencegahan dan rencana perawatan gigi dan mulut yang tepat pada individu yang mengalami disfungsi ovarium
3. Memberikan informasi ilmiah mengenai kekuatan mekanis tulang mandibula pada disfungsi ovarium.
4. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan penelitian selanjutnya.



3 BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Disfungsi Ovarium

Disfungsi ovarium merupakan kegagalan fungsi ovarium yang menyebabkan menopause sebelum waktunya (*early menopause*). Disfungsi ovarium merupakan kondisi penurunan fungsi ovarium yang ditandai oleh perubahan hormon reproduksi, fisik dan psikologis wanita. Sebagian besar wanita mulai mengalami gejala menopause pada usai 45 tahun dan puncaknya pada usia 50 tahun. Kebanyakan mengalami gejala kurang dari 5 tahun dan sekitar 25% lebih dari 5 tahun. Namun bila diambil rata-ratanya, umumnya seorang wanita akan mengalami menopause sekitar usia 45-50 tahun. Kondisi ini ditandai dengan berhentinya siklus menstruasi selama 4 bulan atau lebih, hipoestrogenism dengan level estradiol < 50 pg/ml dan peningkatan level serum pada gonadotropin, terutama serum *Follicle-stimulating hormone* (FSH) (Rudnicka *et al.*, 2018).

Disfungsi kemungkinan dapat disebabkan oleh faktor genetik, autoimun, iatrogenik dan infeksi. Early menopause akibat faktor genetik terjadi pada 10,8% kasus. Pada umumnya, terjadi pada wanita yang memiliki kelainan kromosom X, seperti monosomi (45X), trisomi dan *fragile X –syndrome*. Kelainan autoimun dilaporkan menjadi penyebab *early menopause* pada 30% kasus. Faktor iatrogenik seperti dari radioterapi dan kemoterapi kemungkinan dapat menyebabkan *early menopause*, namun masih belum jelas. Selain Infeksi dari virus dan bakteri, telah dilaporkan bahwa sekitar 3,5 % wanita yang mengalami *early menopause* memiliki riwayat penyakit infeksi (Naina and Manesh, 2017)

Wanita yang mengalami *early menopause* dapat mengalami beberapa gejala klinis yang berupa perubahan secara fisik dan psikologis. Perubahan fisik yang terjadi meliputi rasa panas seluruh tubuh, keringnya vagina, gangguan tidur dan mata terasa kering; sedangkan perubahan psikologis yang terjadi meliputi peningkatan rasa sensitivitas, stress dan depresi. Keadaan ini dapat mempengaruhi kualitas hidup wanita (Naina and Manesh, 2017).

3.2 Hormon Estrogen

Estrogen merupakan hormon yang termasuk golongan hormon steroid. Reseptor hormon steroid terletak dalam sitosol sebelum pengikatan dengan hormon. Ketika hormon steroid berikatan dengan reseptor sitolisiknya, kompleks hormon-reseptor terbentuk yang bergerak ke dalam nukleus. Di sana, bagian reseptor dari kompleks berinteraksi dengan DNA atau protein pengikat DNA merangsang transkripsi gen-gen spesifik (Campbell dan Reece.2008).

Kekurangan estrogen dapat menyebabkan gangguan pada beberapa organ, seperti terjadinya penurunan aliran darah ke otak dan mempengaruhi neurotransmitter yang ada di otak. Pada saluran kencing dapat menimbulkan kandung kemih sering terkena infeksi. Sedangkan pada tulang dapat menghambat penyerapan dan pembentukan kalsium oleh tulang, sehingga dapat menyebabkan osteoporosis (Sulistyawati dan Proverawati, 2010).

3.3 Tulang

Tulang merupakan jaringan ikat khusus yang dinamis untuk selalu melakukan proses remodeling. Dalam istilah biomaterial, tulang merupakan bahan komposit yang terdiri dari struktur berbeda dan ukuran yang bervariasi dari beberapa nanometer hingga puluhan milimeter. Bahan penyusun tulang adalah bahan keramik anorganik (terutama hidroksiapatit, 60%), bahan organik (terutama kolagen tipe I, 30%), dan air (10%). Pada skala ukuran terkecil, kristal hidroksiapatit biasanya membentuk struktur seperti pelat kecil dengan dimensi pada urutan $5 \times 15 \times 40$ nm. Kristal-kristal ini dikelilingi oleh serat kolagen anyaman (diameter ~ 30 nm \times 300 nm) (Bilezikian, Raisz and Martin, 2008).

Fibril kolagen mineralisasi diatur dalam dua bentuk yang berbeda. Pada bentuk pertama, fibril berorientasi secara acak untuk membentuk struktur yang sering disebut tulang anyaman. Dalam bentuk kedua, fibril mengambil bentuk yang lebih terorganisir dan berkumpul dalam lembaran searah yang disebut lamellae, yang kemudian ditumpuk bersama dengan arah serat bolak-balik di setiap lapisan (Sadoughi, 2019).

Lamella disusun dalam lima struktur berbeda pada skala berikutnya. Struktur pertama disebut paket lamellar. Lamella dalam paket ini tidak terorganisir dengan baik. Namun, paket pipih bersatu pada skala berikutnya untuk membentuk kisi yang sangat teratur dari struktur seperti batang dan pelat yang disebut tulang trabekular (juga dikenal sebagai tulang cancellous atau spon). Tulang trabekuler adalah struktur yang sangat berpori (> 60% berpori pada manusia) yang ditemukan di ujung tulang panjang (seperti tulang paha) dan pada tulang yang bentuknya tidak beraturan (seperti vertebral dan mandibula) (Sadoughi, 2019).

Empat struktur pokok yang dibentuk oleh lamella adalah lamellar primer, Haversian (osteonal), laminar, dan tulang anyaman. Tulang pipih primer adalah tulang baru yang terdiri dari cincin konsentris besar lamella yang mengelilingi 2-3 mm diafisis tulang panjang. Haversian atau tulang osteonal terdiri dari sekitar 10-15 lamellae, disusun dalam silinder konsentris (~ 200 μm diameter dan 2 mm panjang) tentang kanal Haversian pusat (sebuah kanal dengan diameter sekitar 50 mikron), di mana pembuluh darah, saraf, dan tulang sel-sel berada. Substruktur lamella konsentris disebut osteon. Osteon adalah unit diskrit utama tulang kortikal manusia. Tulang laminar terdiri dari serangkaian lamina konsentris (setiap lamina setebal ~ 0,1-0,2 mm) di sekitar rongga sumsum. Terjepit di antara lamina yang berdekatan adalah jaringan pembuluh darah dua dimensi (Sadoughi, 2019).

Tulang adalah bahan yang aktif secara biologis yang mampu beradaptasi dengan lingkungan mekanisnya, dan terus menerus dalam proses menghilangkan jaringan lama atau rusak dan menggantinya dengan jaringan baru. Proses renovasi diawali oleh resorpsi tulang yang rusak oleh sel-sel tulang osteoklas dan diakhiri oleh pembentukan jaringan tulang baru oleh sel-sel osteoblas. Proses ini dianggap diatur oleh sel-sel tulang mechano-sensitif disebut osteosit. Osteosit terletak di lubang elips kecil di jaringan tulang yang disebut lacunae (diameter 5-8 μm). Ada lebih banyak remodeling tulang pada permukaan dalam tulang trabekuler daripada di permukaan internal tulang kortikal. Hal ini mengakibatkan mineralisasi tulang trabekuler lebih sedikit dibanding tulang kortikal (Sadoughi, 2019).

3.4 Tulang Mandibula

Mandibula merupakan tulang terbesar penyusun wajah yang dapat bergerak. Tulang mempunyai satu kesatuan dengan tulang tengkorak melalui sistem persendian yaitu sendi temporomandibular. Mandibula dapat dilihat dari tiga aspek yaitu anterior, lateral dan medial. Mandibula merupakan tempat dasar perlekatan otot-otot pengunyahan, lidah dan dasar mulut, dan sebagai pendukung gigi bawah melalui prosesus alveolar mandibula. Selain itu, mandibula hanya berartikulasi dengan tulang temporal. Artikulasi bergerak (sendi sinovial) berada di antara kondilus dan fossa mandibula dari tulang temporal, yang disebut sebagai sendi temporomandibular atau TMJ (Fehrenbach and Herring, 2012).

Mandibula terdiri atas bagian – bagian yaitu (Fehrenbach and Herring, 2012):

1. Korpus (body).
Korpus mandibula terdiri dari dua permukaan yaitu permukaan eksternal dan internal. Bagian permukaan eksternal dimulai dari linea *oblique* yang meluas dari pinggir anterior ramus dan berakhir pada mental tubercle. Sedangkan pada bagian permukaan internal terdapat mylohyoid line. Mylohyoid line ini akan membagi sublingual fossa dan submandibular fossa.
2. Tulang alveolar
Tulang alveolar merupakan cekungan pada mandibula sebagai tempat gigi geligi.
3. Basis mandibula
Basis mandibula merupakan inferior dari korpus mandibula. Bagian ini mempunyai tepi yang lengkung dan tebal.

Tulang mandibula ini bersifat dinamis dan mengalami perubahan bentuk seiring masa pertumbuhan dan perkembangan manusia. Pada saat lahir kanalis mandibula berukuran besar, dan membentang di dekat batas bagian tulang bagian bawah, foramen mental terbuka di bawah soket gigi molar sulung pertama. Sudutnya tumpul (175°), dan bagian prosesus kondilus hampir sejajar dengan badan mandibula. Prosesus koronoid berukuran relatif besar, dan berada lebih

tinggi di atas prosesus kondilus (Fehrenbach and Herring, 2012; Min Wang, Laurencin and Yu, 2019).

Kemudian pada masa kanak-kanak/ childhood, dua segmen tulang bergabung pada simfisis, dari bawah ke atas tepatnya pada tahun pertama, tetapi jejak pemisahan akan terlihat pada awal tahun kedua yang berada di dekat margin alveolar. Korpus mandibula memanjang terutama pada bagian belakang foramen mental. Perpanjangan ini untuk memberikan ruang bagi 3 gigi tambahan molar. Selain itu, peningkatan pertumbuhan bagian alveolar juga untuk memberikan ruang akar gigi, dan terjadi penebalan bagian subdental yang memungkinkan rahang menahan aksi kuat pada otot pengunyahan. Kanalis mandibula setelah pertumbuhan gigi geligi molar kedua terletak tepat di atas level garis mylohyoid dan foramen mental menempati posisi yang biasa pada orang dewasa (Fehrenbach and Herring, 2012).

Pada masa dewasa/ adulthood, bagian alveolar dan subdental mempunyai kedalaman yang sama. Foramen mental terbuka di tengah-tengah antara batas atas dan bawah tulang. Selain itu, kanal mandibula tumbuh hampir sejajar dengan garis mylohyoid, dan ramus hampir vertikal searah, sudutnya berkisar dari 110° hingga 120° (Fehrenbach and Herring, 2012).

Pada usia tua/ old age, ukuran tulang mandibula mengalami penyusutan. Hal ini diakibatkan hilangnya gigi dan penurunan ketinggian tulang alveolar. Penyusutan akan mengakibatkan korpus mandibula berada di bawah garis miring. Letak kanal mandibula dan foramen mental berdekatan dengan perbatasan tulang alveolar. Ramus miring ke arah belakang, sudutnya sekitar 140° dan leher kondilus sedikit tertekuk ke belakang (Fehrenbach and Herring, 2012).

3.5 Perilaku Mekanik Tulang

Perilaku mekanik tulang ditentukan oleh kuantitas dan kualitas tulang meliputi morfologi (ukuran/ bentuk), struktur mikro kortikal dan trabekuler, dan sifat bahan penyusun tulang. Ukuran massa atau kepadatan tulang (fraksi volume tulang atau kepadatan mineral tulang) merupakan prediktor penting dalam menentukan kekuatan tulang. Sedangkan faktor kualitas tulang yaitu faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kekuatan tulang tetapi tidak termasuk dalam perhitungan ukuran kepadatan tulang atau massa tulang. Faktor-faktor tersebut

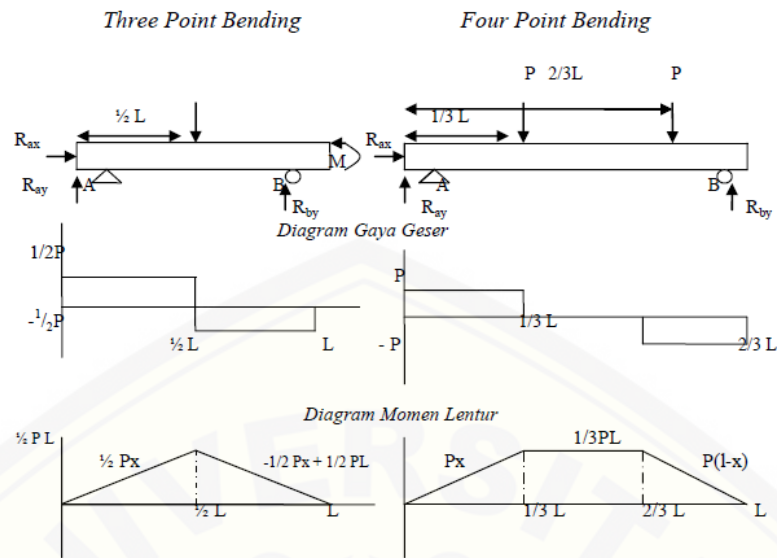
akan berimplikasi pada sifat dan kualitas tulang, sebagai contoh dua spesimen tulang yang memiliki kepadatan yang sama, kemungkinan akan menunjukkan kekuatan yang berbeda (Sadoughi, 2019).

Pengukuran dan perhitungan yang tepat sifat dan kualitas tulang akan menentukan perawatan, proses penuaan, dan derajat penyakit osteoporosis. Hal ini berkorelasi terhadap sifat biomekanik tulang, yang meliputi kerapatan, kekakuan, dan ketebalan tulang. Sifat-sifat tersebut akan tampak pada saat tulang menerima beban, apakah tulang mampu menahan beban yang diterimanya atau tidak. Bentuk konsekuensi tulang terhadap beban yaitu deformitas atau perubahan bentuk tulang, dimana tulang akan melengkung dengan puncak pada titik tekanan. Kemampuan bagian tepi dan dalam tulang akan berkontribusi terjadinya microcracking atau kepatahan (Sadoughi, 2019).

3.6 Kekuatan Mekanis

Kekuatan mekanis adalah pengujian ketahanan bahan dalam menerima beban. Pengujian ini pada umumnya menggunakan uji bending. Uji lengkung (bending test) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual (Min Wang, Laurencin and Yu, 2019).

Pada pengujian kekuatan lentur dan kekerasan dilakukan dengan pemberian beban pada material sehingga secara bersamaan mulai terbentuk tegangan tarik, tekan, dan geser. Beban tersebut akan maksimum pada permukaan spesimen, serta bernilai nol pada *neutral axis*-nya. Secara umum pengujian dilakukan dengan menggunakan dua tipe pembebanan, yakni: *3 point bending* dan *4 point bending*. Berikut ini merupakan skema pengujian keduanya beserta diagram gaya geser serta momen lenturnya (gambar 1) (Min Wang, Laurencin and Yu, 2019).



Gambar 2.1 skema pengujian three dan four point bending

3.6.1 Kekakuan

Kekakuan adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan deformasi ketika menerima beban. Bahan yang elastis akan mudah merenggang dibanding bahan plastis. Perilaku ini menunjukkan bahan plastic lebih kaku dibanding bahan elastis. Nilai kekakuan ini ditentukan dengan menggunakan rumus hooke, yaitu sebagai berikut:

$$S = \frac{F}{D}$$

Keterangan : F = Force/ gaya (N)

S = Stiffness/ kekakuan (N/mm)

D = defleksi (mm)

Nilai kekakuan dipengaruhi oleh distribusi beban terhadap bahan, kerapatan dan kepadatan bahan. Nilai kekakuan yang kecil menunjukkan bahwa suatu bahan mudah mengalami deformasi/ melengkung. Sedangkan nilai

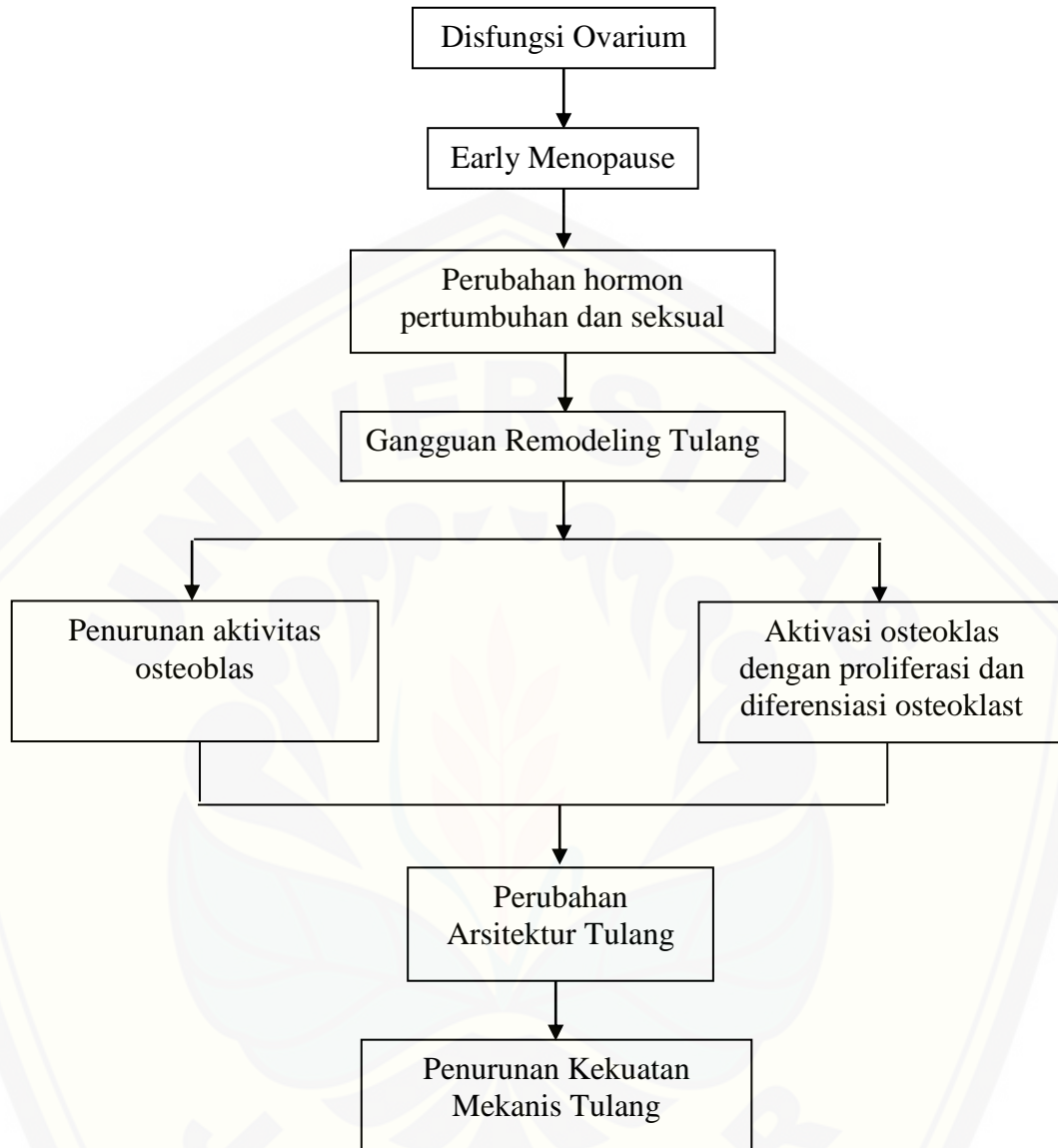
kekakuan yang besar menunjukkan bahan susah untuk mengalami deformasi (Wnek and Gary L Bowlin, 2008).

3.6.2 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan kemiringan diagram tegangan terhadap regangan yang masih dalam keadaan elastisitas. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar dengan regangan yang kecil. Nilai modulus elastisitas (E) tergantung sifat bahan, kerapatan, ketebalan dan panjang suatu bahan. Selain itu, modulus elastisitas dipengaruhi oleh modulus elastisitas agregat dan perbandingan volume dari agregat di dalam bahan (Wnek and Gary L Bowlin, 2008).

Modulus Elastisitas (E) adalah harga kekakuan suatu material pada daerah elastis. Modulus elastis juga berarti perbandingan tegangan dengan regangan pada daerah elastis. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. Tegangan atau beban yang diberikan pada specimen uji haruslah dibawah beban maksimum agar specimen tidak mengalami deformasi plastis. Saat material diberi beban pada daerah elastis, maka akan timbul tegangan pada penampang melintang sebagai akibat dari momen lentur (Wnek and Gary L Bowlin, 2008).

3.7 Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep Penelitian

Disfungsi ovarium menyebabkan terjadinya early menopause. Hal ini akan mempengaruhi hormon pertumbuhan dan seksual, khususnya estrogen pada wanita. Defisiensi hormon estrogen akan mempengaruhi proses remodeling tulang, dimana terjadi penurunan aktivitas osteoblas dan terjadi peningkatan aktivasi osteoklas sehingga proses remodeling tulang tidak seimbang. Gangguan remodeling tulang menyebabkan perubahan arsitektur tulang, dimana kepadatan tulang menjadi berkurang dan kekuatan mekanisnya menurun.

3.8 Hipotesis

Kekuatan mekanis tulang mandibula hewan tanpa disfungsi ovarium lebih kuat dibandingkan hewan model disfungsi ovarium.



4 BAB 3. METODE PENELITIAN

4.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian the post test only control group design, yaitu melakukan pengamatan dan pengukuran setelah perlakuan dan hasilnya dibandingkan dengan kontrol (Notoatmojo, 2010)

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Desember 2017. Penelitian dilaksanakan ditempat berikut:

1. Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember untuk perlakuan hewan coba.
2. Laboratorium Bahan Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Gajah Mada untuk uji kekuatan tulang

4.3 Waktu Penelitian

September sampai Januari 2017

4.4 Identifikasi Variabel Penelitian

4.4.1 Variabel Bebas

Ovariectomy (Disfungsi Ovarium)

4.4.2 Variabel Terikat.

Kekuatan mekanis tulang meliputi ketebalan, kekakuan, dan modulus elastisitas

4.4.3 Variabel Kendali

Jenis hewan coba, pakan dan minum hewan coba, perlakuan hewan coba, teknik pengambilan tulang, teknik uji kekuatan mekanis tulang.

4.5 Definisi Operasional Penelitian

4.5.1 Model Tikus Disfungsi Ovarium

Model tikus disfungsi ovarium adalah model tikus yang dilakukan ovariectomi pada bagian dorsal secara bilateral dengan insisi transversal dengan ukuran 0,8-1 cm menggunakan *scalpel blade* no.11 sebagai *mimicking* kondisi early menopause.

4.5.2 Kekuatan Mekanis Tulang Mandibula

Karakteristik fisik tulang mandibula yang meliputi ketebalan, kekakuan, dan modulus elastisitas tulang mandibula yang diukur dengan menggunakan alat three bending point. Titik point pembebanan di daerah corpus mandibula. Adapun satuan kekuatan mekanis tulang yaitu mm untuk ketebalan, N/mm untuk kekakuan dan Mpa untuk modulus elastisitas

4.6 Populasi dan Sampel Penelitian

4.6.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah tikus wistar (*Rattus norvegicus*) betina.

4.6.2 Kriteria Sampel penelitian

Kriteria hewan model adalah sebagai berikut:

1. Jenis kelamin betina dan sehat
2. Umur 8 minggu
3. berat 200-250 gram.

4.6.3 Jumlah Sampel Penelitian

Perhitungan sampel berdasarkan rumus Daniel 1995 yaitu:

$$n = \frac{Nz^2.pq}{d^2(N-1) + z^2.pq}$$

Keterangan:

n : Jumlah sampel

N : Jumlah populasi

Z : nilai Z dengan alfa 0.05, maka nilai Z=1.96

p : estimasi proporsi (0.06)

q : 1-p

d : tingkat kesalahan alfa 0.05

N-1 : faktor koreksi kesalahan

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan besar sampel sebanyak 5 ekor tikus tiap kelompok.

4.6.4 Pembagian Kelompok

Total hewan coba 10 ekor yang terbagi dalam dua kelompok: kontrol grup (K) dan perlakuan disfungsi ovarium (P). Disfungsi ovarium dalam penelitian ini melakukan ovariectomi. Ovariectomi mengindikasikan early menopause oleh karena tindakan pengangkatan ovarium.

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 Hewan Coba

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dari Komite Penelitian dan Kesehatan Kedokteran Gigi, Universitas Gajah Mada. Animal model akan ditempatkan di ruangan dengan suhu yang konstan dan kelembaban yang terjaga dalam siklus 12 jam siang dan malam, dengan bebas akses makanan dan air (diet and water ad libitum). Hewan coba akan diadaptasikan selama satu minggu.

4.7.2 Prosedur Bedah (Ovariectomi)

Prosedur Bedah akan dilakukan di lab fisiologi, Kedokteran Gigi, Universitas Jember yang difasilitasi dengan sinar UV sebagai pencegahan penularan bakteri pada manusia. Kelompok P dianestesi menggunakan ketamine/xylazine (80/10 mg/kgBB) intramuskular. Bulu pada bagian abdomen dicukur sampai bersih. Area bedah dibersihkan menggunakan ethanol. Insisi melintang dilakukan pada dorsal hewan coba (punggung) kanan dan kiri sebesar 0.8-1 cm dibuat menggunakan *surgical scalpel blade* no 11. Setelah cavitas terbuka, jaringan adiposa diangkat sampai tabung uterine kanan dan ovarium yang dikelilingi oleh lemak terlihat. Prosedur yang sama diulangi untuk ovarium

sebelah kiri. Ovarium diangkat dari lubang insisi perlahan untuk mencegah ada agar tidak ada yang tertinggal sehingga dapat berfungsi normal lagi. ovarium dan ujung uterine berhasil teridentifikasi, dilakukan penjahitan ovarium dengan benang sutra di area sebelah distal dari ujung uterine, setelah itu dipotong.

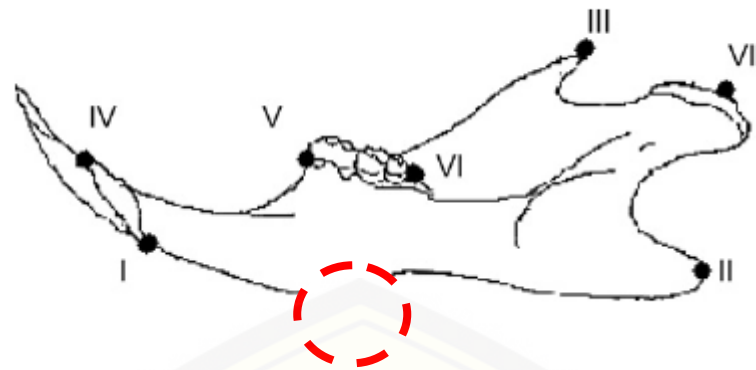
Ujung uterine dikembalikan ke kavitas setelah pengambilan ovarium. Luka ditutup pada 2 lapisan (otot dan kulit) menggunakan benang steril. Kemudian dilakukan penjahitan dan setelah itu diulas dengan providone iodine sebagai desinfektan dan diberi antibiotik.

4.7.3 Dekapitasi dan Pengambilan Sampel Mandibula

Eutanasia dilakukan dengan cara memberikan ketamin 4 kali dengan dosis 80-100 mg/kg. Setelah tikus kehilangan kesadaran makan dilakukan pengambilan darah intrakadial dengan pembedahan daerah thorax. Mandibula hewan coba diambil dan dicuci dengan 2 M PBS. Kemudian dikeringkan dan disimpan pada buffer formalin 10% pada suhu ruang.

4.7.4 Pengukuran Dengan Three Point Bending

Pada three point bending, Mandibula dikenai beban pada satu titik yaitu tepat pada bagian tengah ($\frac{1}{2} L$). Pada metode ini material harus tepat berada di $\frac{1}{2} L$, agar mendapatkan momen maksimum karena saat mencari σ dibutuhkan momen maksimum tersebut. Sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ($1/2L$) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan, maka Momen lengkung itu akan bekerja dan ditahan oleh sumbu tulang tersebut atau sebagai momen tahanan lengkung (Xu dkk, 2014). Letak pembebanan dilakukan pada satu titik (gambar 3.1)



Gambar 3.1. Posisi pembebanan pada uji three bending point

Parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

- a. Ketebalan tulang menggunakan micrometer (mm)
- b. Kekakuan tulang menggunakan rumus sebagai berikut

$$S = \frac{F}{D}$$

Keterangan : F = Force/ gaya (N)
 S = Stiffness/ kekakuan (N/mm)
 D = defleksi (mm)

- c. Modulus elastisitas:

$$E = \frac{PL^3}{4Ebh^3}$$

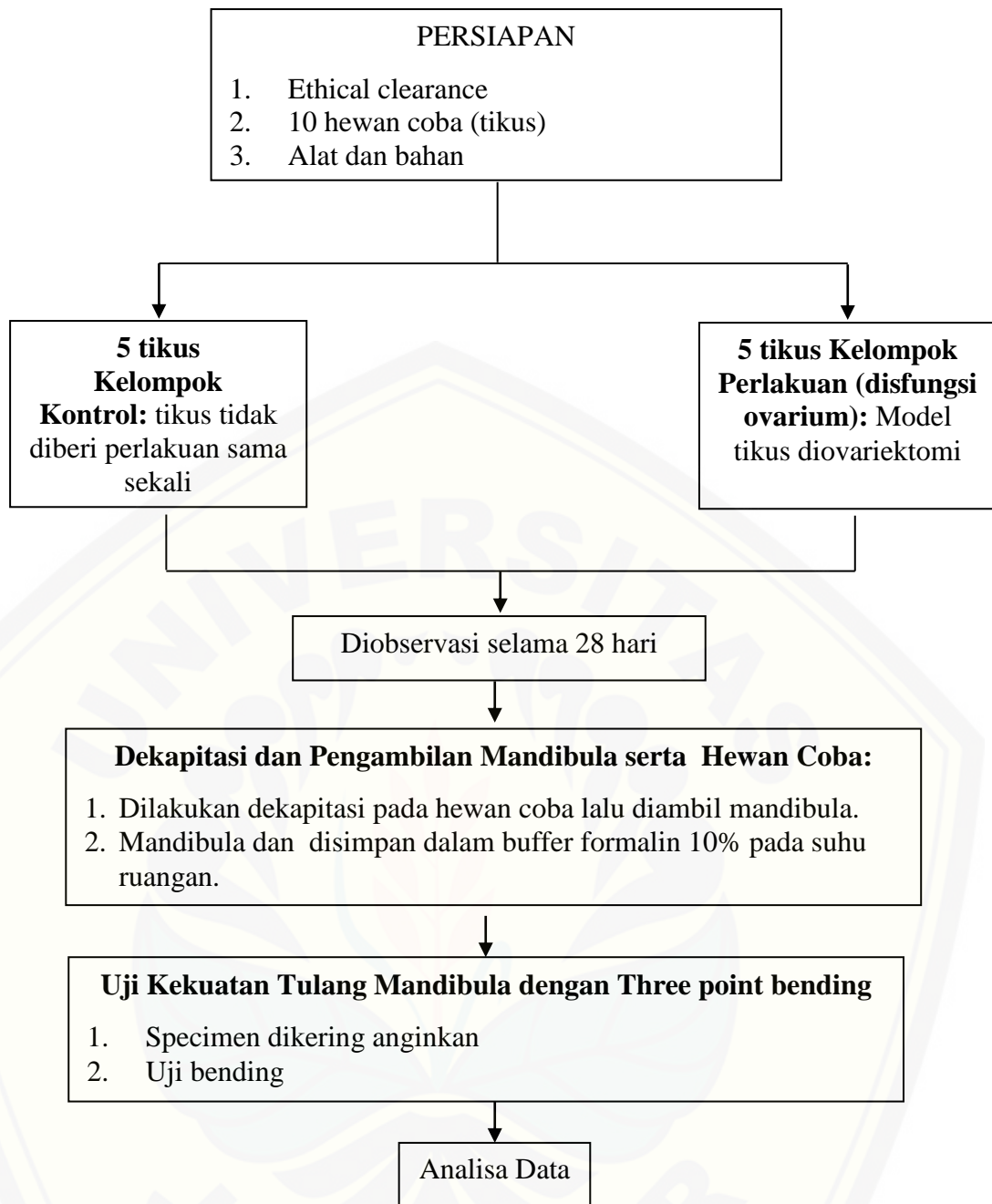
Keterangan: MOE (E) = Modulus elastisitas (N/m²)
 P = Gaya (N)
 L = Panjang batang antara dua tumpuan (mm)
 E = nilai defleksi (mm)
 b = Lebar sampel (mcm)
 h = Tebal sampel (mm)

4.8 Analisis data

Pada penelitian ini, hasil data yang didapatkan dianalisis menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* untuk mengetahui data yang dihasilkan terdistribusi normal atau tidak dan uji *Levene* untuk mengetahui homogenitas data. Data yang terdistribusi normal dan homogen yang kemudian dilakukan uji statistik parametrik yaitu *independent t-test*.



4.9 Alur Penelitian



6.1 Kesimpulan

Tulang merupakan jaringan yang terus menerus melakukan regenerasi komponen-komponen ekstraselnya dengan cara menghancurkan komponen tulang yang sudah tua dan menggantinya dengan yang baru (remodeling). Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa disfungsi ovarium menyebabkan proses remodeling tulang tidak berjalan dengan normal, hal ini menyebabkan kekuatan mekanis tulang mandibula menurun.

6.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas sel-sel tulang mandibula pada model disfungsi ovarium
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai profil mikrostruktur tulang mandibula model disfungsi ovarium

- Bilezikian, J. P., Raisz, L. G. and Martin, T. J. (2008) *Principles of Bone Biology*. Third. Edited by J. P. Bilezikian, L. G. Raisz, and T. J. Martin. New York: elvesier. Available at: <https://books.google.co.id/books?id>. Diakses tanggal 1 Mei 2020
- Campbell, N. A. & J. B. Reece. (2008). *Biologi*, Edisi Kedelapan Jilid 3. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Cunha, M. R. *et al.* (2010) 'Characterization of the physical and mechanical properties of femoral bone defects filled with polyanionic collagen membranes in ovariectomized rats', *Materials Research*, 13(2), pp. 239–244.
- Emily M. Stein *et al.* (2014) 'Skeletal Structure in Postmenopausal Women with Osteopenia and Fractures is Characterized by Abnormal Trabecular Plates and Cortical Thinning', *J Bone Miner Res.*, 29(5), pp. 1101–1109. doi: 10.1038/nsmb.1605.E2.
- Fehrenbach, M. J. and Herring, S. W. (2012) *Illustrated Anatomy of the Head and Neck*. 4th edn. Edited by Krisrin Hebbard. St Louis, MIssouri: elvesier. Available at: <https://books.google.co.id/books?id>. Diakses tanggal 1 Mei 2020
- Fonseca, H. *et al.* (2015) 'Skeletal deterioration following ovarian failure: can some features be a direct consequence of estrogen loss while others are more related to physical inactivity?', *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. Springer Japan, 33(6), pp. 605–614. doi: 10.1007/s00774-014-0626-2.
- Koszuta, P. *et al.* (2015) 'Effects of selected factors on the osseointegration of dental implants', *Przegląd Menopauzalny*, 14(3), pp. 184–187. doi: 10.5114/pm.2015.54343.
- Mercuri, L. G. (2016) *Temporomandibular Joint Total Joint Replacement-TMJ TJR: A comprehensive reference for researchers, materials scientist, and surgeons*. Edited by L. G. Mercuri. Switzerland: Springer International

- Min Wang, Laurencin, C. and Yu, X. (2019) *Encyclopedia of Biomedical Engineering*. Edited by Roger Narayan. Amsterdam, Netherland: elvesier. Available at: <https://books.google.co.id/books?id>. Diakses tanggal 1 Mei 2020
- Munakata, M. *et al.* (2011) 'Influence of menopause on mandibular bone quantity and quality in Japanese women receiving dental implants', *Archives of Osteoporosis*, 6(1–2), pp. 51–57. doi: 10.1007/s11657-011-0058-8.
- Naina, K. and Manesh, I. (2017) 'Premature Ovarian Insufficiency: Aetiology and Long-Term Consequences', *Women's Health*, 3(2), pp. 45–58. doi: 10.17140/whoj-3-121.
- Osterhoffa, G. *et al.* (2016) 'Bone mechanical properties and changes with osteoporosis', *Injury*, 47(suppl 2), pp. S1–S20. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.03.040.
- Popat, V. B. *et al.* (2014) 'Bone mineral density in young women with primary ovarian insufficiency: Results of a three-year randomized controlled trial of physiological transdermal estradiol and testosterone replacement', *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 99(9), pp. 3418–3426. doi: 10.1210/jc.2013-4145.
- Rudnicka, E. *et al.* (2018) 'Premature ovarian insufficiency - aetiopathology, epidemiology, and diagnostic evaluation', *Przegląd Menopauzalny*, 17(3), pp. 105–108. doi: 10.5114/pm.2018.78550.
- Sadoughi, S. (2019) 'Micromechanics of Human Bone: Role of Architecture and Tissue Material Properties', *California Digital Library*, pp. 1–95. Available at: <https://escholarship.org/uc/item/98384265>.
- Sroga, G. E. and Vashishth, D. (2012) 'Effects of bone matrix proteins on fracture and fragility in osteoporosis', *Current Osteoporosis Reports*, 10(2), pp. 141–150. doi: 10.1007/s11914-012-0103-6.
- Stagi, S. *et al.* (2013) 'Bone metabolism in children and adolescents: main characteristics of the determinants of peak bone mass.', *Clinical cases in mineral and bone metabolism*, 10(3), pp. 172–9. Available at:

Proverawati, A. & Sulistyawati, E. (2010). *Menopause dan sindrom premenopause*. Yogyakarta: Muha Medika.

Turner, C. H. (2002) 'Biomechanics of bone: Determinants of skeletal fragility and bone quality', *Osteoporosis International*, 13(2), pp. 97–104. doi: 10.1007/s001980200000.

Wnek, G. E. and Gary L Bowlin (2008) *Encyclopedia: Biomaterials and Biomedical Engineering*, Informa Healthcare USA. doi: 10.1016/0009-2509(95)00226-X.

Yeh, P. S. *et al.* (2019) 'Biomechanical and tomographic differences in the microarchitecture and strength of trabecular and cortical bone in the early stage of male osteoporosis', *PLoS ONE*, 14(8), pp. 1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0219718.

8 LAMPIRAN

Lampiran A. Surat Keterangan *Ethical Clearance*

KOMISI ETIKA PENELITIAN FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNIVERSITAS GADJAH MADA Sekretariat: Fakultas Kedokteran Gigi UGM Jl. Denta Sekip Utara Yogyakarta Telp. 081238447900	
ETHIC COMMITTEE APPROVAL No.001124/KKEP/FGG-UGM/EC/2017	
Title of research protocol	: LIPOPOLYSACCHARIDE (LPS) OF <i>Porphyromonas gingivalis</i> INDUCES OVARIAN FAILURE IN ANIMAL MODEL (IN VIVO STUDY)
Document approved	: Research Protocol
Principal investigator	: Agustin Wulan Suci Dharmayanti, DDS., MDSc
Name of Medically Responsible Physician	: Agustin Wulan Suci Dharmayanti, DDS., MDSc
Date of approval	: July 2017
Place of research	1. Microbiology laboratory is for bacteria (<i>Porphyromonas gingivalis</i>) inoculation, Cemer for Development of Advance Science and Technology (CDAST), University of Jember 2. Physiology laboratory with UV light protection is for animal models housing and treatment (injection of bacteria and ovariectomy) Dental Faculty University of Jember 3. Bioscience laboratory is for serum analysis, Dental Hospital, University of Jember
The Research Ethic Committee Faculty of Dentistry UGM states that the above protocol meets the ethical principle outlined and therefore can be carried out.	
Vice Dean for Research, Community Service and Collaboration Faculty of Dentistry Universitas Gadjah Mada	Yogyakarta, July 11 th 2017 Chairman of Research Ethics Committee Faculty of Dentistry Universitas Gadjah Mada
 Trianna Wahyu Utami, DDS., MDSc., Ph.D	 Prof. Dr. Pisanji Sri Pudjanti, DDS., SU., Sp.Ort(K)

Lampiran B. Hasil Penelitian

	Gaya (N)	Panjang (b)	Lebar (d)	Penampang (L)	D (mm)	Ketebalan (mm)	ME (MPa)	S (N/mm)
K1	37.7	23.09	7.49	20	0.08	2.95	97.14	471.25
K2	30.7	22.67	7.32	20	0.11	2.83	62.78	279.09
K3	38.9	23.28	7.43	20	0.09	2.93	90.53	432.22
K4	40.3	21.08	7.31	20	0.12	2.83	81.57	335.83
K5	39.9	21.01	7.29	20	0.12	2.78	81.7	332.5
P1	39.7	21.16	7.12	20	0.21	2.53	49.5	189.05
P2	30.2	21.04	6.29	20	0.23	2.41	50.15	131.3
P3	38.9	20.98	6.92	20	0.21	2.45	53.29	185.24
P4	29.9	21.01	6.11	20	0.24	2.51	51.99	124.58
P5	40.1	21.45	7.23	20	0.19	2.54	52.07	211.05

C. Hasil Analisis Data

1. Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		modulus_elastisitas	kekakuan	ketebalan
N		10	10	10
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	67.0720	269.2110	2.6760
	Std. Deviation	18.66236	121.44046	.20738
	Absolute	.270	.184	.244
Most Extreme Differences	Positive	.270	.184	.244
	Negative	-.181	-.117	-.192
Kolmogorov-Smirnov Z		.853	.582	.772
Asymp. Sig. (2-tailed)		.460	.887	.591

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

2. Analisis independent t-test

Group Statistics

	kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
modulus_elastisitas	kontrol	5	82.7440	12.93151	5.78315
	ovariektomi	5	51.4000	1.54447	.69071
kekakuan	kontrol	5	370.1780	78.99557	35.32789
	ovariektomi	5	168.2440	38.16252	17.06680
ketebalan	kontrol	5	2.8640	.07266	.03250
	ovariektomi	5	2.4880	.05586	.02498

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
modulus_ elastisitas	Equal variances assumed	4.186	.075	5.382	8
	Equal variances not assumed			5.382	4.114
kekakuan	Equal variances assumed	5.062	.055	5.147	8
	Equal variances not assumed			5.147	5.771
ketebalan	Equal variances assumed	.953	.358	9.173	8
	Equal variances not assumed			9.173	7.504

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
modulus_ elastisitas	Equal variances assumed	.001	31.34400	5.82425
	Equal variances not assumed	.005	31.34400	5.82425
kekakuan	Equal variances assumed	.001	201.93400	39.23437
	Equal variances not assumed	.002	201.93400	39.23437
ketebalan	Equal variances assumed	.000	.37600	.04099
	Equal variances not assumed	.000	.37600	.04099

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
modulus_ elastisitas	Equal variances assumed	17.91326	44.77474
	Equal variances not assumed	15.34863	47.33937
kekakuan	Equal variances assumed	111.45939	292.40861
	Equal variances not assumed	104.99830	298.86970
ketebalan	Equal variances assumed	.28148	.47052
	Equal variances not assumed	.28038	.47162




Lampiran D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat dan Bahan Pemeliharaan Hewan Coba

Gambar	Keterangan
	<p>1. Tempat minum 2. Kandang 3. Sekam 4. Tempat makan 5. Tikus</p>
	<p>Timbangan</p>

2. Alat dan Bahan Ovariektomi

Gambar	Keterangan
	<p>Ketamin/xylazine</p>

	Handle Blade
	Pinset
	Silet
	Needle 18 Gauge
	Disposable syringe 1 ml
	Betadine

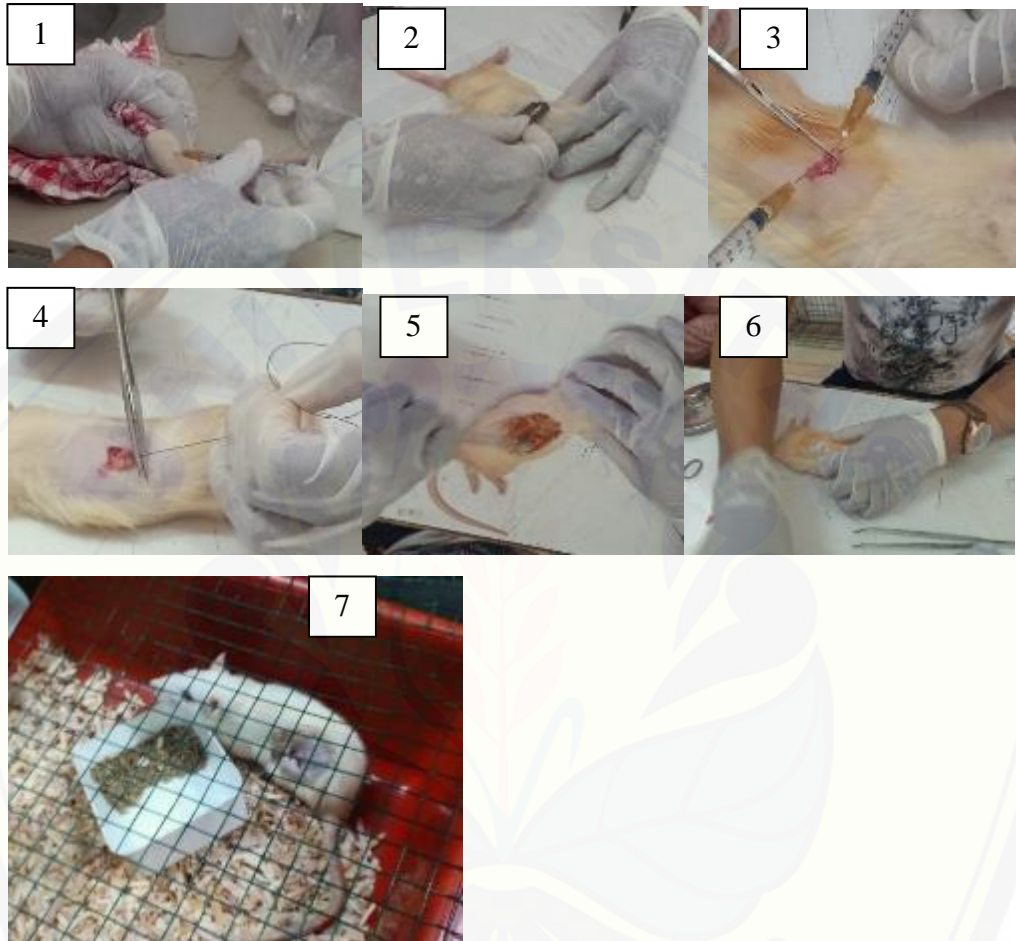
	Deepen glass
	Cotton pellet
	Surgical Blade
	Cutgut plain dengan jarum jahit
	Antibiotik bubuk (Nebacetin powder)

3. Alat dan Bahan Dekapitasi Hewan Coba

Gambar	Keterangan
	Kloroform
	Buffer Formalin (NaF)
	Gunting
	Artericlamp Bengkok
	Tissue
	Tempat jaringan

Lampiran E. Prosedur Penelitian

1. Ovariektomi Hewan Coba



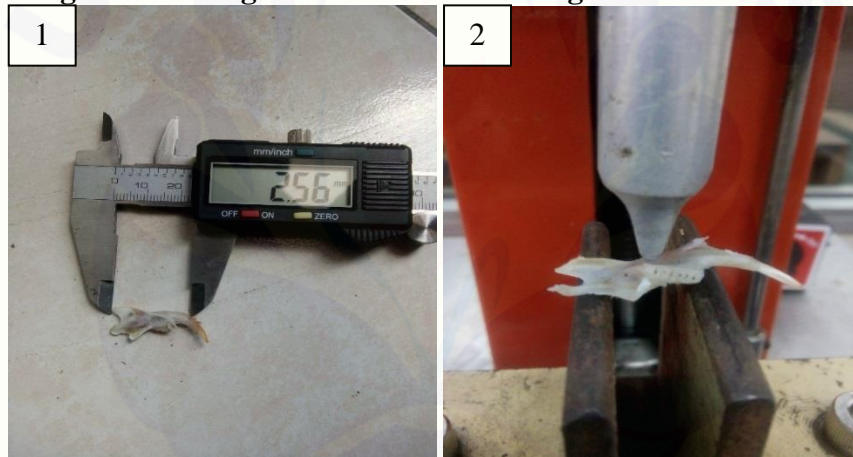
Gambar 1. (1) Anestesi menggunakan ketamin xylazine (2) Pencukuran bulu bagian samping kanan dan kiri dorsal tikus (3) Retraksi jaringan untuk menemukan ovarium dan pemotongan ovarium (4) Penjahitan luka (5) Pemberian betadine setelah penjahitan (6) Pemberian antibiotik bubuk (nebacetin powder) (7) Kondisi tikus setelah sadar kembali

2. Dekapitasi Hewan Coba



Gambar 2. (1) Hewan coba dimasukkan kedalam wadah yang telah diberikan tissue yang ditetsi kloroform (2) Dekapitasi mandibula (3) Jaringan disimpan dalam wadah biru berisi buffer formalin 10%

3. Pengukuran Dengan Three Point Bending



Gambar 2. (1) Pengukuran panjang dan lebar mandibula (2) Tes kekuatan menggunakan alat three point bending.