



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH BERAT HIDUP TERHADAP KUAT TARIK TULANG SEBAGAI REFRERENSI DESAIN MATERIAL IMPLAN

SKRIPSI



**WIRA INDRAYANI
05935002**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011**

SKRIPSI

**PENGARUH BERAT HIDUP TERHADAP KUAT TARIK TULANG
SEBAGAI REFERENSI DESAIN MATERIAL IMPLAN**

Disusun oleh

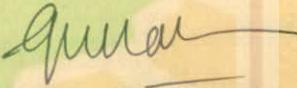
Wira Indrayani
05935002

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 27 Juli 2011
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

Pembimbing I

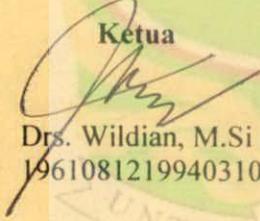

Drs. Sri Mulyadi, Dt Basa. M. Si
NIP. 195208011986101001

Pembimbing II

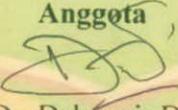

Prof. Dr. Eng. Gunawarman
NIP. 1966121992031004

Susunan Tim Penguji

Ketua


Drs. Wildian, M.Si
196108121994031001

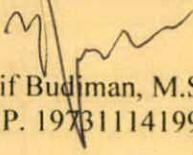
Anggota


Dr. Dahyunir Dahlan
196811281995121002

Anggota

Dr. Elvaswer
197005121998021001

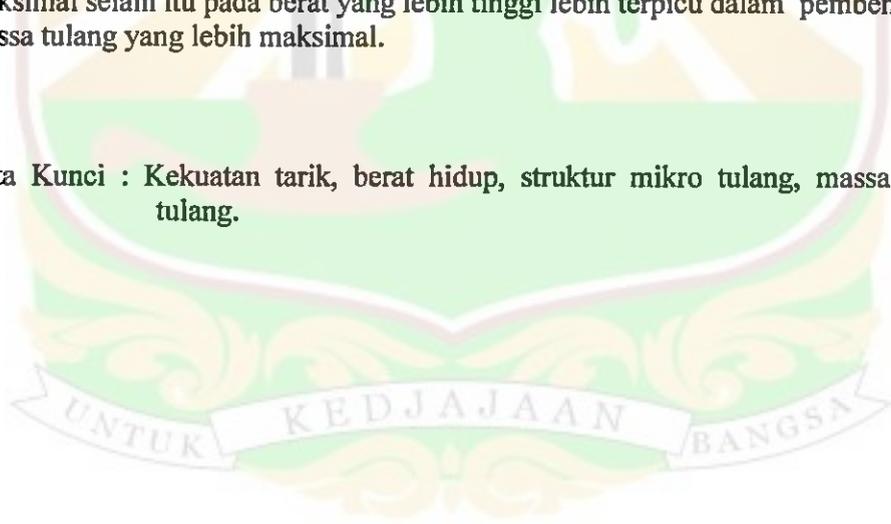
Padang, Juli 2011
Ketua Jurusan Fisiska
FMIPA niversitas Andalas, Padang


Arif Budjman, M.Si
NIP. 197311141999031004

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik mekanik dan fisik tulang sapi berdasarkan berat hidup. Tulang yang digunakan adalah tulang tungkai belakang (*metatarsus*) sapi dari jenis sapi induk lokal pesisir yang diinseminasi dengan sapi simmental dengan rentang berat hidup 200 kg sampai 500 kg. Karakteristik mekanik dilakukan dengan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik (*com-ten testing machine*) dengan standar benda uji ASTM E-8 sedangkan karakteristik fisik diperiksa dengan mikroskop optik dengan perbesaran 200 kali. Pada pengujian ini didapatkan bahwa pengaruh berat hidup terhadap sifat mekaniknya meningkat terhadap berat hidup yang meningkat. Kekuatan tarik rata-rata dengan nilai tertinggi didapatkan pada berat tertinggi (500 kg), yaitu 177,26 MPa. Pada berat yang sama regangan tarik rata-rata bernilai 0,11 MPa, modulus elastisitas rata-rata 1,61 GPa dan ketangguhan rata-rata 9,89 Mj/m³. Peningkatan kekuatan tarik terhadap berat hidup ini dapat dijelaskan dengan struktur fisik yang diperoleh dari pengamatan struktur mikro dan pengukuran massa jenis tulang. Dari pengamatan ini didapatkan persentase struktur mikro dan massa jenis tulang meningkat terhadap berat hidup. Pada berat hidup tertinggi (500 kg), didapatkan persentase struktur mikro tertinggi yaitu 45,76 % dan massa jenis tertinggi juga didapatkan pada berat 500 kg, yaitu 1.976,91 kg/m³. Hal ini disebabkan pada sapi dengan berat hidup 500 kg terdapat lebih banyak saluran havers dan saluran volkman yang berisi banyak pembuluh darah sebagai penyuplai nutrisi untuk sel tulang osteoblas (sel pembentuk tulang) sehingga sel tersebut bekerja lebih maksimal selain itu pada berat yang lebih tinggi lebih terpicu dalam pembentukan massa tulang yang lebih maksimal.

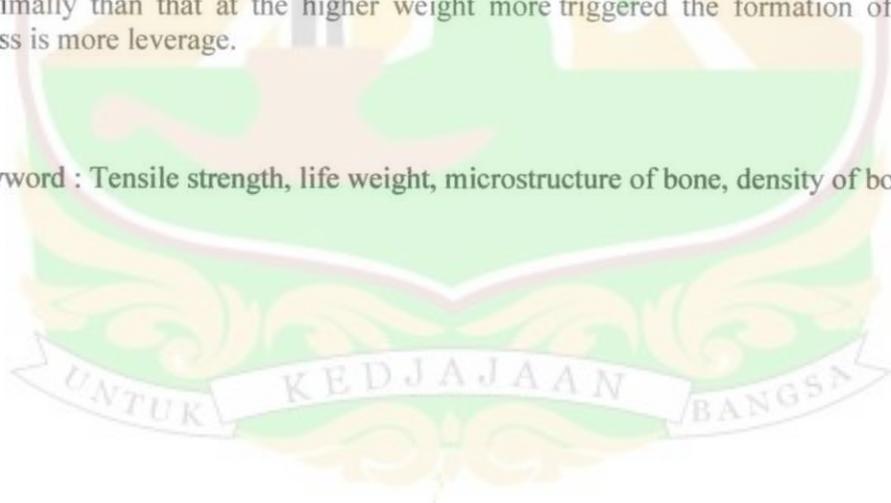
Kata Kunci : Kekuatan tarik, berat hidup, struktur mikro tulang, massa jenis tulang.



ABSTRACT

Studies have been conducted to determine the mechanical and physical characteristics of bovine's bones based on live weight. The bones used were the rear leg bones (metatarsus) of beef cattle type of coastal local parent who inseminated with simmental cattle with a live weight range of 200 kg to 500 kg. Mechanical characteristics of tensile testing is done by using a tensile testing machine (com-ten testing machine) with a standard test piece ASTM E-8 while the physical characteristics examined with an optical microscope with a magnification of 200 times. In this testing found that the heavy influence of the mechanical properties of living increase of live weight increased. Average tensile strength with the highest value obtained at the highest weight (500 kg), which is 177.26 MPa. At the same weight average tensile strain value 0.11 MPa, modulus of elasticity of the average of 1.61 GPa and average toughness 9.89 Mj/m³. Increased tensile strength against the weight of life can be explained by the physical structure obtained from observations of the microstructure and measurements of bone density. From these observations the percentage obtained microstructure and increased bone mass density of live weight. At the highest live weight (500 kg), obtained the highest percentage of micro structure of 45.76% and the highest density is also obtained on the weight of 500 kg, of 1976.91 kg/m³. This is caused in cattle by live weight of 500 kg haversian there are more channels and Volkmann channels that contain many blood vessels as a supplier of nutrients for bone cells osteoblasts (bone-forming cells) so that cell work more optimally than that at the higher weight more triggered the formation of bone mass is more leverage.

keyword : Tensile strength, life weight, microstructure of bone, density of bone.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Salawat beriring salam tidak lupa penulis sampaikan kepada junjungan seluruh alam Nabi besar Muhammad SAW, karena atas jasa-jasa beliau kita semua dapat menikmati alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan ini. Tugas Akhir ini berjudul **“Pengaruh Berat Hidup Terhadap Kuat Tarik Tulang Sebagai Referensi Desain Material Implan”** yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap sarjana pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Arif Budiman, M.Si, sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.
2. Bapak Sri Mulyadi, M.Si sebagai pembimbing utama yang telah memberikan kesempatan, motivasi, dorongan dan bimbingan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebaik mungkin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng Gunawarman sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan kesempatan, motivasi, dorongan dan bimbingan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebaik mungkin.
4. Civitas Akademika Fisika Universitas Andalas Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis panjatkan do'a kehadirat Allah SWT semoga bantuan dari semua pihak menjadi amal kebaikan dan diberi pahala yang setimpal, Amin. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan.

Padang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sapi Simmental Hasil Inseminasi Buatan Dan Berat Hidupnya	5
2.2 Gaya dan Pertambahan Panjang Sebuah Pegas Serta Hukum Hooke.....	6
2.3 Karakteristik Mekanik pada Pengujian Tarik	8
2.3.1 Tegangan dan regangan Tarik.....	9
2.3.2 Elstisitas dan Plastisitas.....	10
2.3.3 Pengujian Tarik Material	11
2.4 Karakteristik Tulang	16

2.4.1 Struktur Tulang (<i>Osteon</i>).....	16
2.4.2 Komposisi tulang	20
2.4.3 Kerusakan dan implan untuk tulang.....	21

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat.....	26
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Skema Penelitian	26
3.4 Pengujian Tarik.....	27
3.4.1 Persiapan Benda Uji.....	27
3.4.2 Pembuatan Spesimen Benda Uji.....	28
3.4.2.1 Proses Pemotongan Tulang.....	28
3.4.2.2 Proses Pembentukan Dan Penghalusan Permukaan Spesi men Uji	29
3.4.2.3 Prosedur Pengujian Dan Langkah Pengolahan Data.....	30
3.5 Langkah Pengamatan Struktur Mikro.....	36
3.6 Pengukuran Massa Jenis	41

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Mekanik.....	42
4.2 Struktur Mikro	49
4.3 Massa Jenis	53

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan55

5.2 Saran56

DAFTAR PUSTAKA57



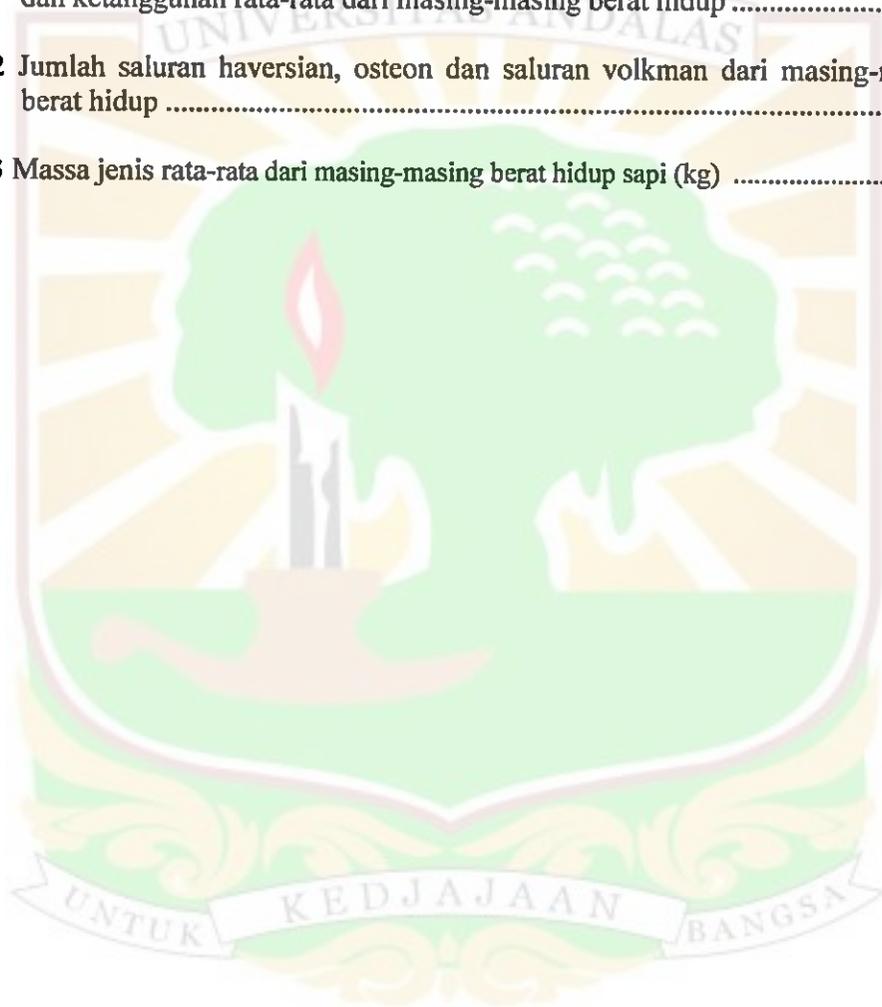
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sapi Pesisir dan sapi Simmental	5
2.2 Pertambahan panjang pegas saat diberi beban.....	7
2.3 Grafik hasil percobaan gaya tarik terhadap sebuah pegas	7
2.4 Perubahan panjang benda saat diberikan gaya tarik pada kedua ujungnya.....	9
2.5 Kurva gaya tarik berupa kurva gaya tarik terhadap pertambahan panjang sebagai data uji tarik	12
2.6 Kurva tegangan regangan teknis.....	12
2.7 Luas daerah dibawah kurva tegangan-regangan	15
2.8 Struktur skematik tulang	17
2.9 Struktur mikroskopis tulang	18
2.10 Struktur makroskopis tulang.....	19
2.11 Tipe fraktur diperlihatkan secara diagramatik.....	24
2.12 Contoh implan yang terpasang pada tulang betis manusia.....	25
3.1 Diagram alir pengujian tarik.....	27
3.2 Tahap-tahap pemotongan tulang tungkai belakang (<i>metatarsus</i>) bagian kanan tulang sapi	28
3.3 Ukuran spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8.....	29
3.4 Spesimen benda uji yang siap untuk diuji tarik.....	30
3.5 Alat pengujian tarik (<i>Com-Ten Testing Machine</i>).....	31
3.6 Kurva gaya terhadap pertambahan panjang spesimen uji.....	32

3.7	Penampang patahan hasil uji tarik	32
3.8	Kurva gaya terhadap pertambahan panjang dicetak di atas kertas milimeter blok	33
3.9	Hasil penarika garis untuk mendapatkan nilai gaya dan pertambahan panjang	34
3.10	Kurva tegangan terhadap regangan dari pengujian tarik	35
3.11	Spesimen yang telah dibingkai	37
3.12	Mikroskop optik (JENCO)	39
4.1	Kurva kuat tarik terhadap berat hidup	43
4.2	Kurva regangan tarik terhadap Berat Hidup	45
4.3	Kurva Modulus Elastisitas terhadap Berat Hidup	47
4.4	Kurva ketangguhan terhadap berat hidup	48
4.5	Struktur tulang sapi berat hidup 200 kg	50
4.6	Struktur tulang sapi berat hidup 350 kg	50
4.7	Struktur tulang sapi berat hidup 500 kg	51
4.8	Kurva persentase struktur mikro tulang terhadap berat hidup sapi	52
4.9	Kurva Massa jenis terhadap berat hidup sapi	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi tulang secara umum	21
4.1 Nilai kuat tarik rata-rata, regangan tarik rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan ketangguhan rata-rata dari masing-masing berat hidup	42
4.2 Jumlah saluran haversian, osteon dan saluran volkman dari masing-masing berat hidup	51
4.3 Massa jenis rata-rata dari masing-masing berat hidup sapi (kg)	53

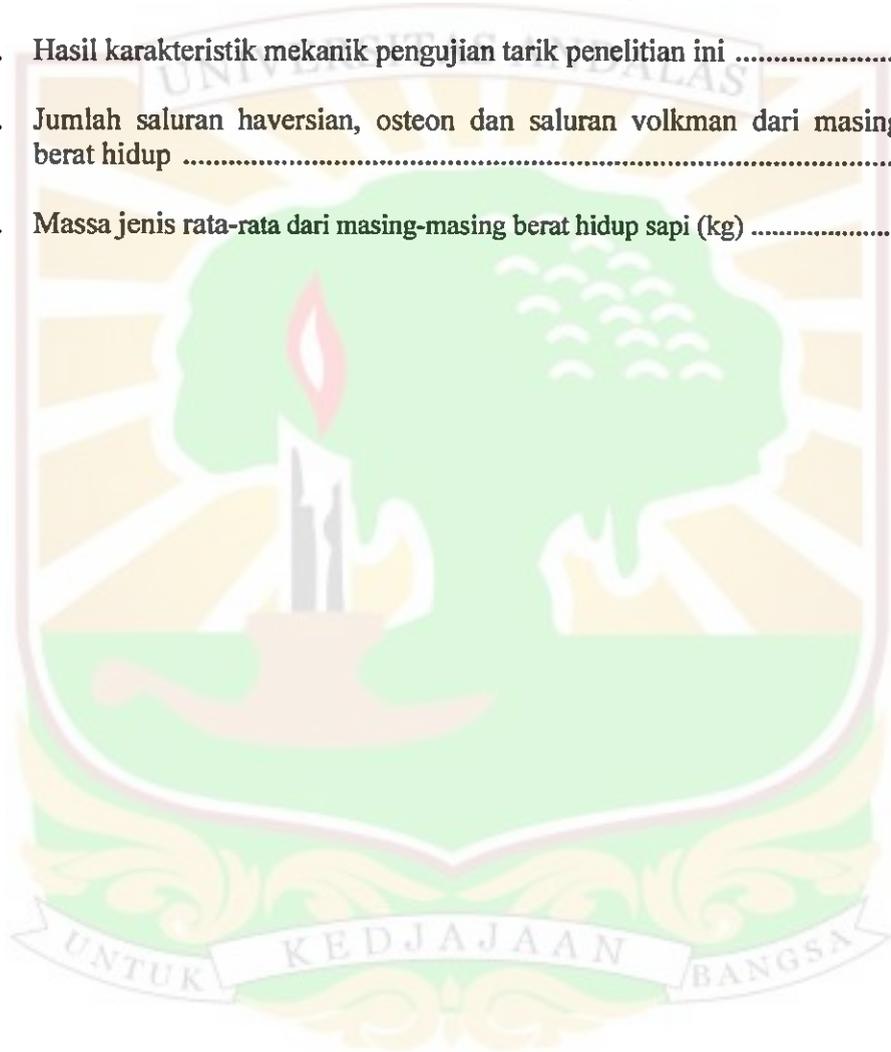


DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

1. Kurva gaya terhadap pertambahan panjang, data penelitian ini 59
2. Hasil karakteristik mekanik pengujian tarik penelitian ini 65
3. Jumlah saluran haversian, osteon dan saluran volkman dari masing-masing berat hidup 66
4. Massa jenis rata-rata dari masing-masing berat hidup sapi (kg) 66



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia penduduk usia lanjut (60 tahun ke atas) diperkirakan semakin meningkat. Menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), jumlah penduduk usia lanjut di Indonesia akan terus meningkat dan mencapai percepatan tertinggi di dunia (414%) dalam waktu 35 tahun (1990-2025) (administrator cpd dokter.com, 29 maret 2010). Peningkatan jumlah penduduk usia lanjut akan diikuti dengan meningkatnya permasalahan kesehatan karena pada usia lanjut terjadi penurunan berbagai fungsi organ tubuh. Salah satu permasalahan kesehatan yang sering dijumpai pada usia lanjut adalah proses kehilangan massa tulang dan kandungan kalsium tubuh serta perlambatan *remodelling* dari tulang yang dapat menyebabkan osteoporosis (PERSI, 2010).

Osteoporosis merupakan masalah yang besar dan serius bagi penduduk Indonesia. Dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI (2008) dinyatakan sebanyak dua dari lima orang Indonesia berisiko terkena osteoporosis. Selain itu, menurut data *World Health Organization* (WHO), hingga kini diperkirakan sekitar 32,3 persen wanita dan 28,8 persen pria di Indonesia mengalami osteoporosis (Rastika, 2010). Pada banyak kasus penderita osteoporosis seringkali penyakit ini terdeteksi setelah terjadinya patah tulang (fraktur).

Pada patah tulang yang sudah komplikasi seperti tulang sudah hancur dan patahannya menonjol menembus kulit perlu dilakukan operasi untuk memperbaiki

atau mengganti tulang yang rusak/pecah. Untuk melakukan operasi tersebut dibutuhkan semacam bahan sebagai penyambung tulang yang ditanam di dalam tubuh penderita patah tulang yang disebut implan. Selama ini dunia kedokteran menggunakan implan yang terbuat dari logam yang relatif kaku atau kurang fleksibel, dan pada beberapa kasus menimbulkan rasa nyeri dan alergi pada pemakai. Oleh karena itu, perlu didesain dan dibuat material implan yang lebih fleksibel dan mendekati karakteristik tulang asli.

Untuk bisa mengetahui karakteristik implan yang fleksibel dan sesuai dengan karakteristik tulang manusia, maka perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik mekanik tulang tersebut yang dikaitkan dengan karakteristik fisiknya sebagai referensi dalam desain material implan. Karakteristik mekanik ditentukan dengan melakukan pengujian tarik, sedangkan karakteristik fisik diperiksa dengan mikroskop optik dan pengukuran massa jenis tulang. Dalam hal ini penggunaan sampel dari tulang manusia sangat sulit didapatkan selain itu agama dan budaya timur masih menganggap pengujian tulang manusia sebagai hal yang dilarang sehingga perlu dicari alternatif pengganti tulang manusia yang karakteristiknya hampir sama. Tulang yang dipilih dalam penelitian ini adalah tulang sapi, karena memiliki karakteristik mendekati tulang manusia. Hal ini didukung oleh penelitian Aerssens *et al.* (1998) yang membandingkan komposisi dan kepadatan tulang pada tujuh hewan vertebrata yang biasa digunakan dalam penelitian tulang (manusia, anjing, sapi, babi, domba, ayam dan tikus), diketahui bahwa sapi memiliki struktur komposisi yang paling mendekati tulang manusia.

Penelitian mengenai karakteristik mekanik dan fisik tulang sapi sudah pernah dilakukan sebelumnya, diantaranya penelitian Riana (2008), yang meneliti tentang pengaruh berat hidup terhadap karakteristik fisik dan mekanik tulang sapi Brahman, Penelitian Nursanti (2011), yang meneliti tentang pengaruh umur terhadap karakteristik fisik dan mekanik tulang sapi jantan. Tetapi belum ada penelitian tentang pengaruh berat hidup terhadap karakteristik mekanik dan fisik tulang sapi simmental. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Berat Hidup Terhadap Kekuatan Tarik Tulang Sebagai Referensi Desain Material Implan”. Pada penelitian ini digunakan tulang tungkai belakang (*metatarsus*) sapi karena pada bagian tersebut lebih banyak menahan berat badan sehingga lebih kuat dan padat.

1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini merupakan pengujian karakteristik mekanik dan fisik tulang sapi yang berada dalam keadaan sehat, khususnya diambil spesimen tulang tungkai belakang (*metatarsus*) dari beberapa ekor sapi potong jenis simmental (sapi campuran dengan induk lokal pesisir diinseminasi dengan sapi simmental) dan mempunyai berat hidup tertimbang masing-masing 200 kg, 350 kg dan 500 kg.

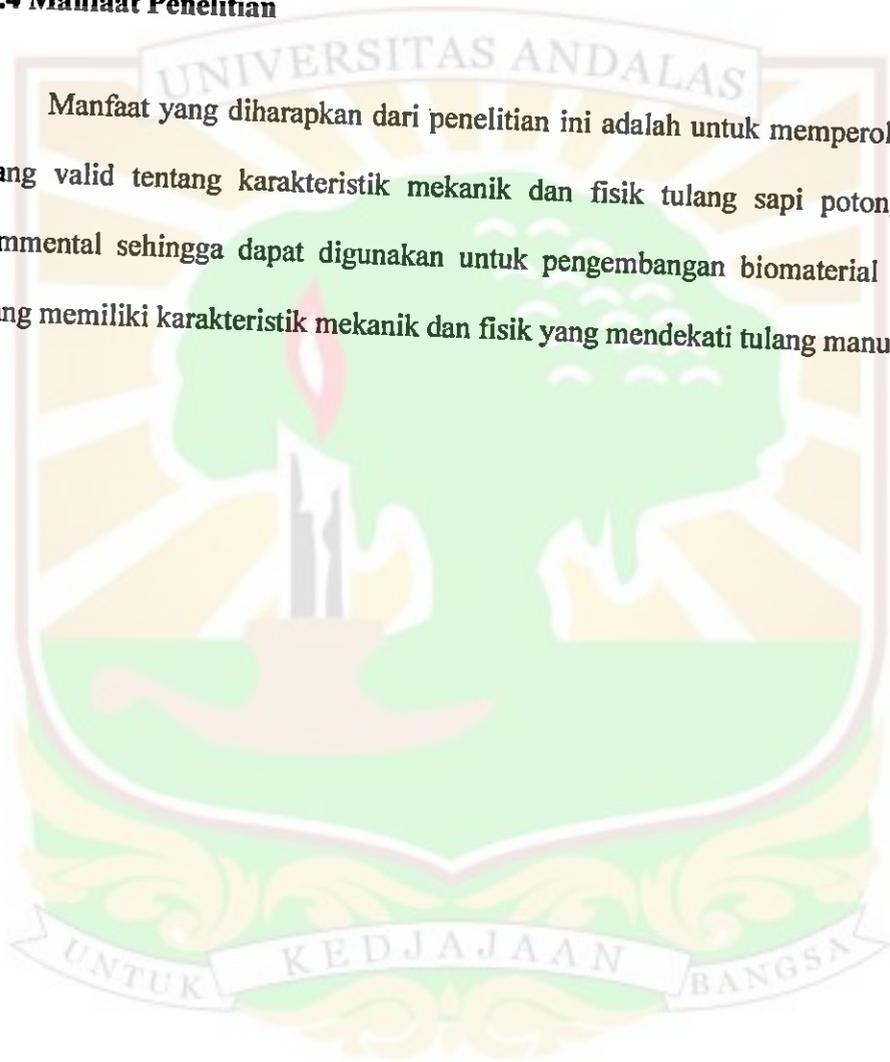
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mekanik dan fisik tulang tungkai belakang (*metatarsus*) dari beberapa ekor sapi potong jenis simmental berdasarkan berat hidup. Karakteristik mekanik tersebut berupa

kekuatan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas, dan ketangguhan, sedangkan karakteristik fisik berupa struktur mikro dan massa jenis tulang. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara karakteristik mekanik dan karakteristik fisik tulang sapi tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data yang valid tentang karakteristik mekanik dan fisik tulang sapi potong jenis simmental sehingga dapat digunakan untuk pengembangan biomaterial implan yang memiliki karakteristik mekanik dan fisik yang mendekati tulang manusia.

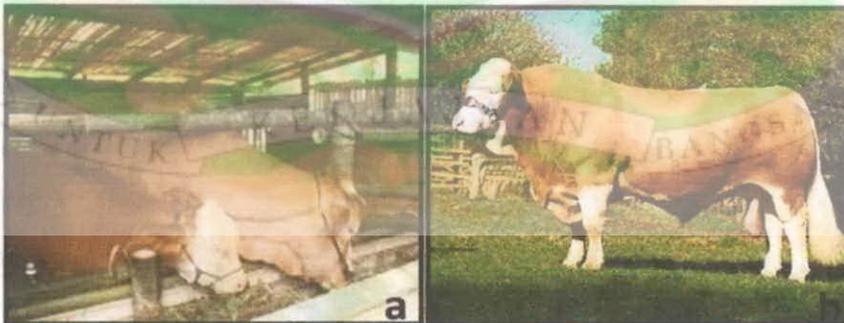


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sapi Simmental Hasil Inseminasi Buatan Dan Berat Hidupnya

Sapi pesisir merupakan salah satu jenis sapi lokal Indonesia yang banyak dipelihara peternak di Sumatera Barat, terutama di Kabupaten Pesisir Selatan, sebagai ternak potong (penghasil daging). Sapi pesisir betina sering di inseminasi buatan dengan bibit sapi simmental. Inseminasi Buatan (IB) atau kawin suntik adalah suatu cara atau teknik untuk memasukkan mani (sperma atau semen) yang telah dicairkan dan telah diproses terlebih dahulu yang berasal dari ternak jantan ke dalam saluran alat kelamin betina dengan menggunakan metode dan alat khusus yang disebut 'insemination gun'. Sapi Simmental berasal dari daerah Simme di negara Switzerland (Swiss). Sama halnya dengan sapi pesisir, sapi juga merupakan tipe sapi penghasil daging. Hasil inseminasi ini memperlihatkan sapi dengan dengan cirri-ciri fisik lebih menyerupai sapi Simmental sehingga sapi ini disebut juga sapi Simmental, (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 sapi pesisir dan sapi Simmental

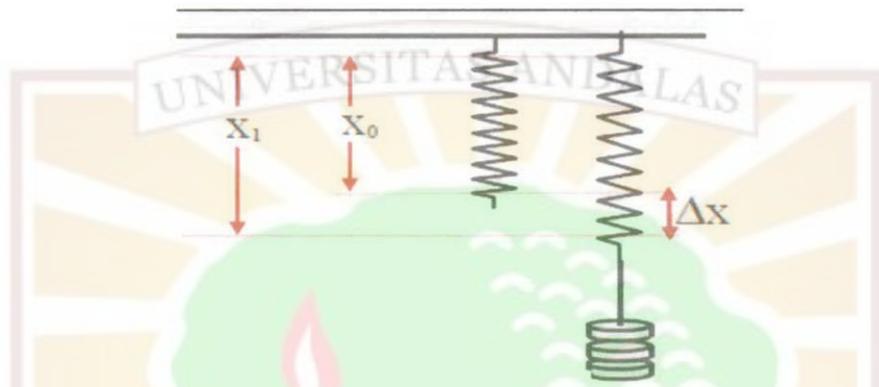
Pada Gambar 2.1.a memperlihatkan induk sapi pesisir dengan warna wajah sama dengan warna bulu badannya dan anaknya dengan wajah berwarna putih dari hasil IB dengan sapi simmental dan Gambar 2.1.b memperlihatkan sapi simmental murni.

Dengan menimbang sapi tersebut dalam keadaan hidup akan didapatkan massa (kg) tubuh sapi dalam keadaan hidup. Menimbang sapi berarti membandingkan sapi hidup tersebut dengan alat ukur massa, dari pengukuran ini didapatkan massa sapi tersebut yang selanjutnya disebut berat hidup sapi. Berat hidup erat kaitannya dengan massa tulang yang menyokongnya. Menurut Compston (2002), massa tulang akan lebih besar pada tubuh dengan berat hidup yang lebih besar dibandingkan berat hidup yang lebih ringan. Kondisi ini disebabkan karena tulang akan giat membentuk sel apabila ditekan oleh berat hidup yang lebih besar dan pembentukan massa tulang semakin terangsang pada area tersebut. Jika berat hidup lebih ringan maka massa tulang cenderung kurang terbentuk sempurna, (Zaviera, 2008).

2.2 Gaya Dan Pertambahan Panjang Sebuah Pegas Serta Hukum Hooke

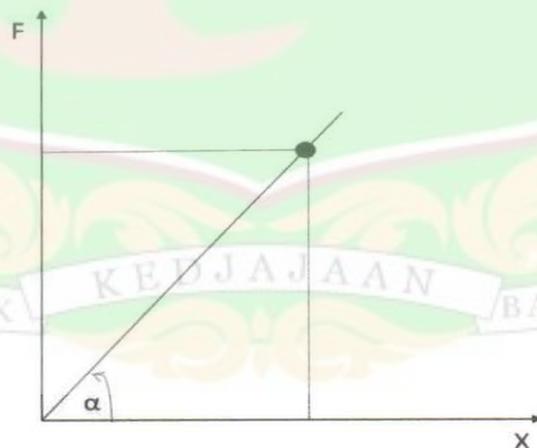
Sebuah gaya tarik yang bekerja pada sebuah pegas menjadikan pegas bertambah panjang dan akan segera kembali ke panjang awalnya jika gaya tarik dihilangkan. Jika gaya yang dikerjakan terus diperbesar akan diperoleh gaya maksimum yang memungkinkan pegas tetap elastis tetapi jika gaya yang diberikan melampaui gaya maksimum tersebut, pegas akan kehilangan sifat elastisnya.

Hubungan antara besar gaya F dan perubahan panjang x (pada Gambar 2.2 ditulis Δx) bisa ditemukan melalui percobaan dengan cara menambah beban secara bertahap tanpa melampaui batas elastis pegas dan setiap penambahan beban diukur pertambahan panjang, (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Pertambahan panjang pegas saat diberi beban

Dari data percobaan dibuat grafik F - x , yang ternyata berbentuk garis lurus (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Grafik hasil percobaan gaya tarik terhadap sebuah pegas

Dari Gambar 2.3 diperoleh Persamaan 2.1, 2.2 dan Persamaan 2.2 lebih umum ditulis dengan Persamaan 2.3.

$$\tan \alpha = \text{tetap} \rightarrow \frac{F}{x} = \text{tetap} \quad (2.1)$$

$$\frac{F}{x} = k, k = \text{bilangan tetap} \quad (2.2)$$

$$F = kx \quad (2.3)$$

dengan, F adalah besar gaya tarik (Newton=N), k adalah tetapan pegas (N/m), dan x adalah pertambahan panjang pegas (m).

Jadi, jika besar gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan besar gaya tariknya. Pernyataan inilah yang dikenal dengan nama *hukum hooke*.

2.3 Karakteristik Mekanik Pada Pengujian Tarik

Karakteristik mekanik adalah salah satu sifat terpenting yang terdapat pada suatu material. Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu material untuk menerima gaya yang bekerja padanya. Untuk mendapatkan sifat mekanik material dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), sebagai contoh yaitu pada penarikan sebuah material sampai putus pada pengujian tarik material.

Uji tarik merupakan jenis pengujian material yang banyak dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu material. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia. Hal yang sangat fundamental dalam pengujian tarik adalah konsep tegangan dan regangan.

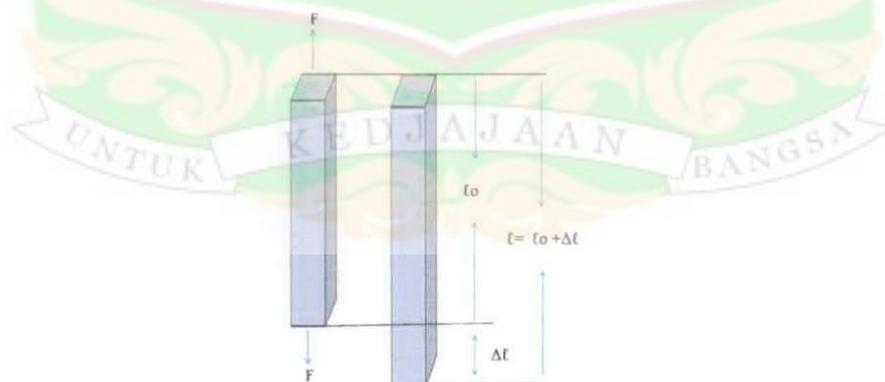
2.3.1 Tegangan dan Regangan Tarik

Tegangan tarik (*tensile stress*) adalah besaran yang menyatakan kekuatan dari gaya-gaya yang menyebabkan penarikan terhadap suatu benda sehingga benda tersebut mengalami deformasi (perubahan bentuk). Tegangan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk gaya per satuan luas, seperti persamaan (2.4). Tegangan tarik adalah besaran skalar karena F adalah besar gaya. Satuan SI untuk tegangan adalah pascal (Pa), persamaan (2.5) memperlihatkan bahwa satu pascal sama satu newton per meter kuadrat (N/m^2).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad (2.5)$$

Regangan tarik (*tensile strain*) merupakan perubahan panjang (perpanjangan) dari sebuah benda yang mengalami tegangan tarik. Perubahan panjang pada sebuah benda dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perubahan panjang benda saat diberikan gaya tarik pada kedua ujungnya

Pada Gambar 2.4 diperlihatkan sebuah benda dengan panjang sebelum ditarik ℓ_0 yang kemudian memanjang menjadi $\ell = \ell_0 + \Delta\ell$ saat gaya-gaya F yang sama besar dan arahnya berlawanan dilakukan pada ujung-ujungnya. Perpanjangan $\Delta\ell$ tidak hanya terjadi pada ujung-ujungnya; setiap bagian-bagian benda akan memanjang dengan perbandingan yang sama. Regangan tarik didefinisikan sebagai perbandingan perpanjangan terhadap panjangnya semula atau perpanjangan per satuan panjang seperti terlihat pada persamaan (2.6).

$$e = \frac{\Delta\ell}{\ell_0} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \quad (2.6)$$

Ini berarti regangan merupakan perbandingan dua panjang yang selalu diukur pada satuan yang sama sehingga merupakan bilangan murni tanpa satuan.

Saat tegangan dan regangan cukup kecil, seringkali ditemukan bahwa keduanya berbanding lurus, dan konstanta pembandingnya disebut modulus elastisitas (Persamaan 2.7). Perbandingan antara tegangan dan regangan dalam deformasi elastis dan memiliki rentang keabsahan yang terbatas dengan syarat-syarat tertentu (sampai batas tegangan dengan regangan masih sebanding) disebut hukum hooke.

2.3.2 Elastisitas dan Plastisitas

Elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda tersebut dihilangkan. Benda-benda yang memiliki elastisitas disebut benda elastis,

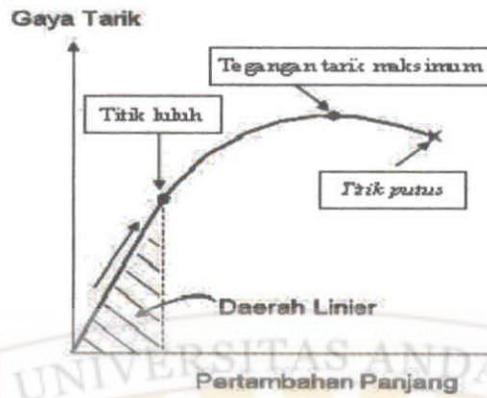
misalnya karet gelang, mistar plastik atau pegas baja. Benda-benda elastis memiliki batas elastis.

Selain benda elastis terdapat pula benda-benda yang tidak memiliki elastisitas atau tidak elastis yang disebut benda plastis. Contoh benda plastis adalah plastisin (lilin mainan) dan lempung (tanah liat). Pada benda yang bersifat plastis, jika gaya luar diberikan kepada benda tersebut maka perubahan bentuk yang dialami benda akan bersifat permanen. Bahkan, jika gaya terus-menerus ditingkatkan maka dapat menyebabkan benda patah atau putus.

2.3.3 Pengujian Tarik Material

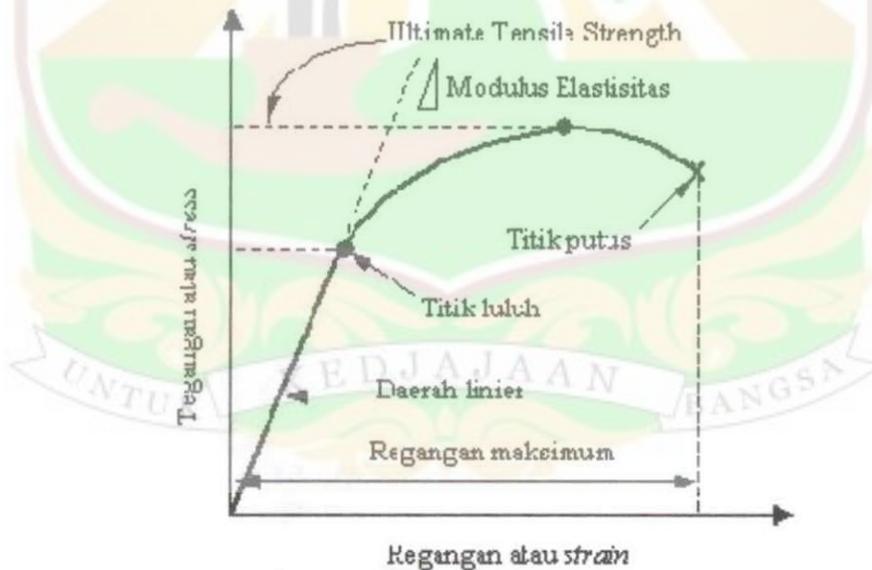
Dengan menarik suatu benda dapat diketahui bagaimana benda tersebut bereaksi terhadap gaya tarik dan dapat diketahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan spesimen

Bila suatu benda terus ditarik sampai putus, maka akan didapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva gaya tarik terhadap pertambahan panjang seperti digambarkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva gaya tarik terhadap pertambahan panjang sebagai data uji tarik, (Azhari Sastranegara, 2009)

Selanjutnya dari data pengujian tarik dengan cara memodifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarik dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*) maka akan didapatkan kurva tegangan terhadap regangan teknis seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kurva tegangan-regangan teknis (Sumber: Dieter, 1990)

Pada Gambar 2.5 dan 2.6 dapat dilihat bahwa kurva gaya tarik terhadap pertambahan panjang mempunyai bentuk yang sama dengan kurva tegangan dan regangan karena tegangan dan regangan diperoleh dengan cara membagi gaya dan perpanjangan dengan faktor yang konstan yaitu menggunakan Persamaan 2.4 dan 2.6. Tegangan tersebut diperoleh dengan cara membagi gaya tarik dengan luas awal penampang lintang benda uji itu (Persamaan 2.4). Regangan didapatkan diperoleh dengan cara membagi pertambahan panjang benda uji dengan panjang awal (persamaan 2.6). Pada Gambar 2.5 dan 2.6 terdapat titik luluh atau disebut juga batas elastis yang merupakan awal perubahan kurva linear ke lengkung. Daerah linear adalah daerah dibawah kurva linear. Pada kurva lengkung hukum hooke tidak berlaku.

Dari kurva tegangan terhadap regangan teknis dapat ditentukan beberapa karakteristik mekanik material, yaitu:

a. Kekuatan Tarik Maksimum (σ_u atau UTS)

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*, UTS) merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (fraktur) pada saat ditarik. Tegangan maksimum dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.4) dengan cara mengganti nilai F dengan nilai F_{maks} pada kurva tarik sehingga tegangan maksimum yang merupakan nilai kekuatan tarik maksimum σ_u dapat ditentukan dari gaya maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_0 (Dieter, 1990).

b. Regangan maksimum (e_f)

Regangan maksimum merupakan ukuran keuletan yang dapat dicapai benda uji pada saat patah. Semakin besar regangan maksimum yang bisa dicapai oleh benda uji maka semakin ulet benda uji tersebut. Regangan dapat ditentukan dengan persamaan (2.6) dan dengan memasukkan nilai ℓ maksimum pada saat patah yang terdapat pada kurva tarik ke dalam ℓ pada persamaan tersebut maka diperoleh nilai keuletan.

c. Modulus Elastisitas (E)

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar nilai modulus elastisitas suatu material maka material tersebut akan semakin kaku, sebaliknya semakin rendah modulus elastisitas material, maka akan semakin fleksibel (lentur). Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan (gaya) tertentu yang diberikan, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Modulus elastisitas dapat ditentukan dari kemiringan kurva tarik dengan menggunakan persamaan (2.7). Pada Gambar 2.6 dapat dilihat kemiringan garis linier kurva pada daerah elastis.

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2.7)$$

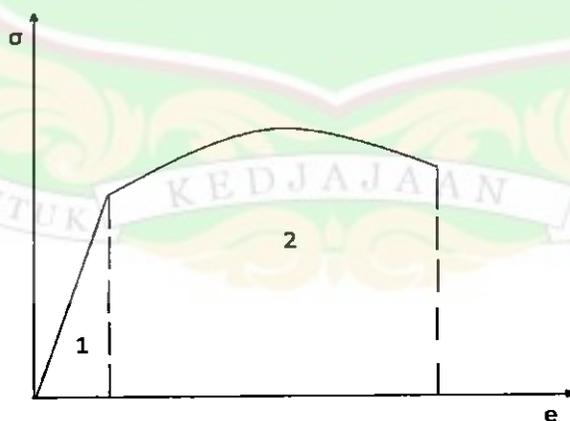
d. Ketangguhan (U_T)

Untuk menarik suatu benda diperlukan usaha. Usaha ini disimpan oleh benda sebagai energi potensial. Suatu ukuran energi yang diserap oleh benda sampai

terjadi patah disebut ketangguhan. Ketangguhan dinyatakan dalam joule/m³. Cara menentukan ketangguhan adalah menghitung luas keseluruhan daerah di bawah kurva tegangan-regangan teknis. Luas ini menyatakan jumlah energi tiap satuan volume yang dapat diberikan kepada material. Pada Gambar 2.7 luas daerah dibawah kurva tegangan-regangan dianggap sebagai segitiga (daerah nomor 1) dan parabola (daerah nomor 2). Luas daerah dibawah kurva berbentuk segitiga dihitung menggunakan persamaan 2.8 sedangkan luas daerah di bawah kurva berbentuk parabola dihitung persamaan 2.9. penjumlahan hasil perhitungan dari persamaan 2.8 dan 2.9 adalah luas keseluruhan daerah di bawah kurva tegangan-regangan teknis atau nilai ketangguhan.

$$U_T = \frac{1}{2} \times \sigma_u \times e_f \quad (2.8)$$

$$U_T = \frac{2}{3} \times \sigma_u \times e_f \quad (2.9)$$



Gambar 2.7 Luas daerah dibawah kurva tegangan-regangan
(Sumber: Dieter, 1990)

2.4 Karakteristik Tulang

Tulang merupakan bagian tubuh atau organ dari suatu individu yang mulai tumbuh dan berkembang sejak masa embrional. Tulang tergolong jaringan ikat yang memiliki sel dan serabut. Tulang dianggap sebagai jaringan yang dinamis, karena selalu mengalami perubahan dan pembentukan (*renewed* dan *remodeled*) sepanjang hidup hewan (Dellmann dan Brown, 1989). Pengertian lain menyebutkan bahwa tulang mempunyai bentuk khusus yang terdiri dari jaringan penghubung yang bersifat kuat dan keras, sehingga cocok dengan fungsinya sebagai penunjang serta pelindung (Wibowo, 2005).

Tulang mempunyai peran sebagai pembentuk, penegak tubuh, dan pelindung bagian tubuh yang lemah dan vital. Disamping itu, tulang merupakan alat gerak pasif dan merupakan tempat melekatnya otot. Selain itu, tulang berperan sebagai cadangan unsur-unsur kimia tubuh, seperti kalsium dan phosphor (Suryanto, 2009).

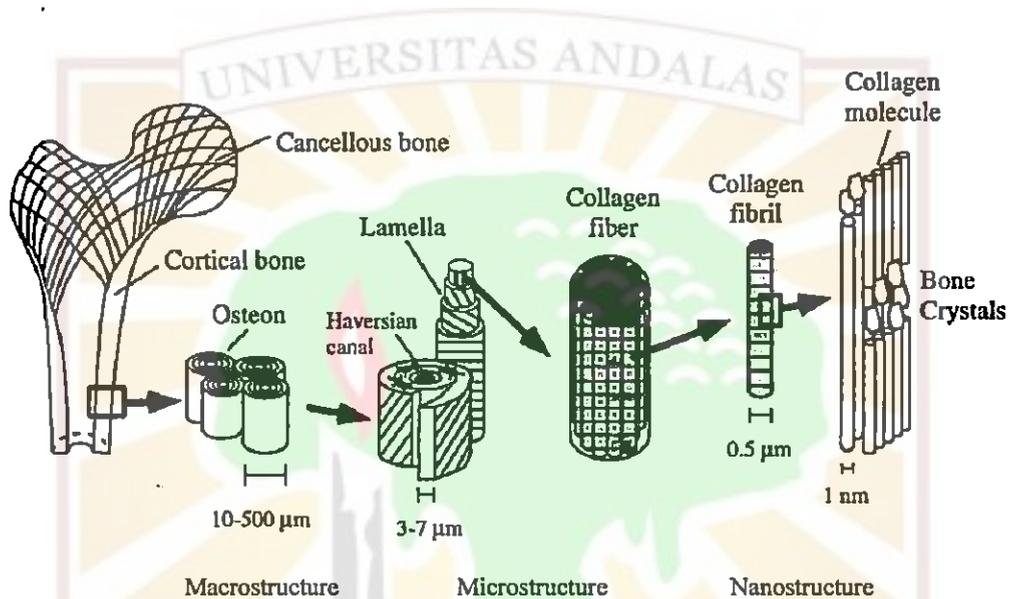
2.4.1 Struktur Tulang (*Osteon*)

Menurut Liu dan Webster (2007), terdapat tiga tingkatan penting dalam menggambarkan struktur tulang, yaitu :

1. struktur nano (pengamatan pada ukuran beberapa nanometer sampai ratusan nanometer). Pada tingkatan ini, dapat diamati struktur penyusun tulang yang terdiri dari komponen organik dan anorganik tulang.

(selanjutnya diuraikan dalam sub bab komposisi tulang)

2. struktur mikro (1-500 mikrometer). Pada tingkatan ini, struktur penyusun tulang terdiri dari serabut tulang (serabut kolagen) dan lamella tulang yang dibentuk menjadi cincin kosentris yang disebut *system haversian*.
3. struktur makro. Pada tingkatan ini, struktur pembentuk tulang dibedakan menjadi tulang kaneolus (tulang *spongy*) dan tulang kortikal.



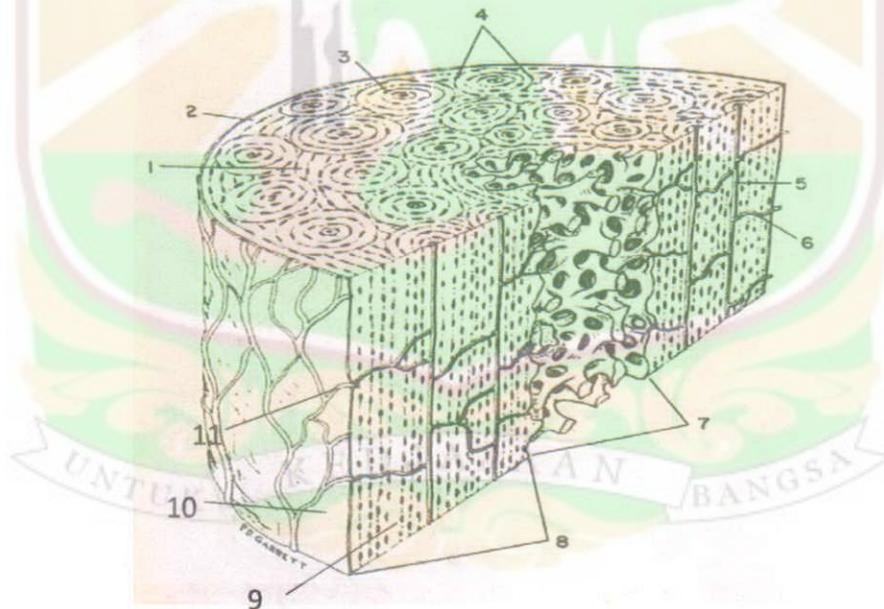
Gambar 2.8 Struktur skematik tulang
(Sumber: Liu dan Webster, 2007)

Struktur Mikroskopik

Pada sayatan melintang tulang, terdapat lamel-lamel dengan tebal 2-8 μm dan *Lacuna* yang terdapat diantara *Lamel* tersebut. Lingkaran-lingkaran konsentris yang disebut *Lamela* mengelilingi kanal pusat yang disebut saluran Havers. saluran Havers dengan *Lamela-lamelanya* membentuk suatu struktur yang disebut

System Haversian. Saluran Havers saling berhubungan melalui saluran Volkman (Dellmann dan Brown, 1989).

Di dalam saluran Havers terdapat satu atau dua pembuluh darah kecil terbungkus jaringan ikat, saling berhubungan dengan permukaan bebas dan rongga sumsum melalui saluran serong atau melintang yang disebut saluran Volkman. Saluran Havers dikelilingi oleh lamel-lamel konsentris sedangkan saluran Volkman tidak dikelilingi oleh lamel-lamel konsentris. Saluran Volkman menerobos tulang dalam arah tegak lurus atau serong terhadap lamel tulang. Pembuluh darah dari sumsum dan sedikit dari periosteum (membran fibrosa padat yang menutupi permukaan tulang) berhubungan dengan pembuluh darah dari system Havers melalui saluran Volkman.

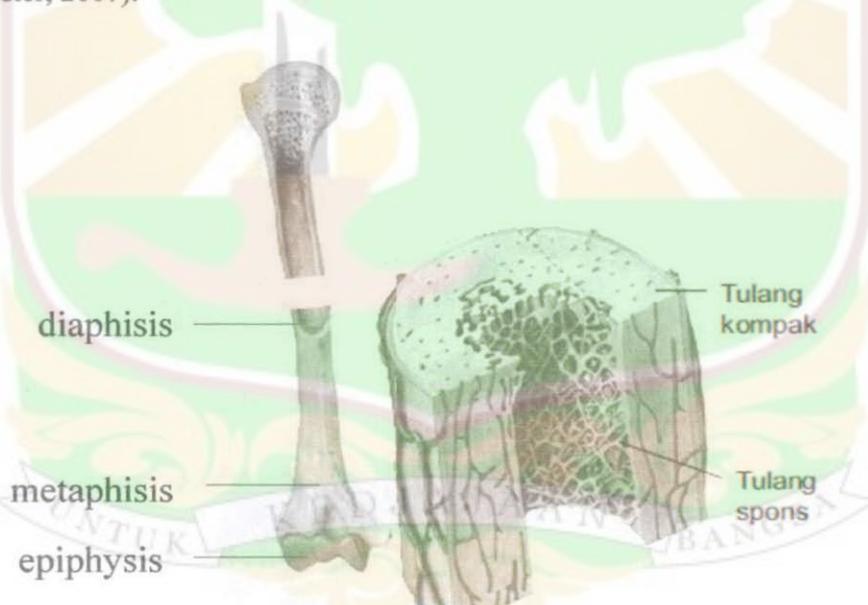


Gambar 2.9 Struktur mikroskopis tulang. 1). *Lamel interstitial* 2). *Lamel umum luar* 3). *Lamel osteon* 4). *Osteon* 5). *Saluran Havers* 6). *Saluran Volkman* 7). *Tulang spons* 8). *Tulang kortikal* 9). *Lakuna* 10). *Periosteum* 11). *Pembuluh darah dari periosteum* (Sumber: Dellmann dan Brown, 1989).

Struktur Makroskopik

Secara makroskopik tulang dibedakan menjadi dua bagian, yaitu tulang kanseolus (*Spongy/trabecular/rawan*) dan tulang kortikal (tulang padat). Tulang kanseolus ditandai dengan strukturnya yang seperti spons dengan pori-pori yang besar (diameter pori mencapai beberapa millimeter). Tulang kanseolus ini umumnya ditemukan pada bagian *epiphysis* dan *metaphysis* tulang panjang dan kuboid (Liu dan Webster, 2007).

Tulang kortikal ditandai dengan porositasnya yang rendah, yaitu kurang dari 30% dan terdiri dari pori-pori kecil yang berdiameter mencapai 1 milimeter. Tulang kortikal terutama ditemukan pada *diaphysis* tulang panjang (Liu dan Webster, 2007).



Gambar 2.10 Struktur makroskopis tulang
(Sumber: Liu dan Webster, 2007)

Ditinjau dari bentuknya dibagi menjadi 4 kelompok yaitu :

1. *Ossa longa/tulang panjang (long bone)*, tulang yang berbentuk panjang, silindris seperti pipa dengan ujung-ujungnya membesar, biasanya didalamnya terdapat *cavum medullare* (rongga sumsum). Contohnya tulang-tulang anggota gerak atau tungkai (*os femur/tulang paha, os humerus/tulang lengan*).
2. *Ossa plana/tulang pipih (flat bone)*, tulang yang berbentuk pipih yang berfungsi sebagai tempat pertautan otot maupun sebagai pelindung organ-organ yang lunak, misalnya *ossa costae/tulang-tulang rusuk, ossa cranii* (tulang-tulang tengkorak : *os frontalis, os nasalis*).
3. *Ossa brevia/tulang pendek (short bone)*, tulang-tulang berbentuk pendek, kecil, mempunyai panjang dan lebar hampir sama, pada umumnya berbentuk utuh, padat, di dalamnya tidak berongga dan mendekati bentuk kubus. Fungsinya adalah untuk memecah benturan atau sebagai penyebar/pemerata tekanan (mis : *ossa carpi dan ossa tarsi/tulang jari tangan dan kaki*).
4. *Ossa irregularis/tulang tak beraturan (irregular bone)*, tulang-tulang yang tidak teratur bentuknya, fungsinya bermacam-macam dan tidak spesifik. Letaknya kebanyakan disekitar bidang median tubuh dan merupakan tulang tunggal, misal : *os vertebrae/ruas-ruas tulang belakang*.

2.4.2 Komposisi Tulang

Tulang tersusun atas material campuran yang terdiri dari senyawa anorganik dan organik. Komposisi tulang berbeda tergantung pada spesies, usia, riwayat makanan, status kesehatan dan lokasi anatomi (Liu dan Webster, 2007). Secara

kimiawi komposisi penyusun tulang pada berdasarkan berat, terdiri dari kurang lebih 69% anorganik, 22% organik, dan 9% air. Sedangkan berdasarkan volume yaitu 40% anorganik, 35% organik, dan 25% air. Fasa organik utama dari tulang adalah *collagen* (90% berat) seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi tulang secara umum (Yildirim, 2004).

Komponen	Jumlah (% berat)
Anorganik - Hidroksi Apatit	69
Organik - Kolagen - Lain-lain	22 90-96 4-10
Air	9

Fasa utama anorganik dari tulang adalah sebuah mineral garam kristalin yang merupakan kalsium fosfat dan sering kali diidealkan sebagai hidroksilapatit yang juga disebut *Hidroksiapatit*. *Hidroksiapatit* adalah mineral yang terjadi secara alami yang dalam keadaan murni berbentuk kristal putih dan fasa anorganik tulang selain *Hidroksiapatit* adalah garam-garam dari *Natrium*, *Magnesium*, *Kalium*, *Klor*, *Flour*, *Dan Sitrat* dalam jumlah yang bervariasi. Fasa organik terutama terdiri atas kolagen dan sejumlah kecil senyawa lain termasuk *Glycosaminoglycans* (GAGs), *Proteoglycans* dan *Glikoprotein* (Yildirim 2004, 2004).

2.4.3 Kerusakan dan Implan untuk Tulang

Kerusakan tulang dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal misalnya penyakit yang menyebabkan tulang rusak seperti

sedangkan faktor eksternal misalnya kecelakaan yang menyebabkan tulang patah atau hancur.

Salah satu penyakit yang banyak menyebabkan kerusakan tulang adalah osteoporosis. Osteoporosis adalah penyakit tulang yang mempunyai sifat-sifat khas berupa massa tulang yang rendah, disertai dengan pengecilan bentuk atau ukuran tulang dan penurunan kualitas jaringan tulang yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerapuhan tulang. Pengurangan massa tulang akibat penuaan memang gejala biasa tetapi akan menjadi penyakit apabila massa tulang mencapai tingkat yang membuatnya mudah patah. Osteoporosis sering kali terkesan datang secara diam-diam dan mendadak. Hal itu disebabkan kepadatan tulang berkurang secara perlahan, terutama pada osteoporosis yang diderita oleh lansia, sehingga awalnya tidak memperlihatkan gejala penyakit tersebut. Jika kepadatan tulang sangat berkurang sehingga tulang menjadi patah atau hancur maka akan timbul nyeri tulang dan kelainan bentuk (seperti orang tua yang bertubuh bungkuk).

Selain itu, kecelakaan berupa tegangan secara langsung dan tidak langsung yang dialami tulang juga menyebabkan patah tulang. Tegangan secara langsung dapat menyebabkan tulang patah pada titik terjadinya tegangan tersebut, misalnya tulang kaki terbentur bumper mobil, maka tulang akan patah tepat di tempat terjadinya benturan. Patah tulang yang demikian sering bersifat terbuka, dengan garis patah melintang atau miring. Tegangan yang secara tidak langsung dapat menyebabkan patah tulang di tempat yang jauh dari tempat terjadinya tegangan. Bagian yang patah biasanya adalah bagian yang paling lemah dalam hantaran tegangan yang melaluinya. Contoh patah tulang karena tegangan yang secara tidak

langsung adalah bila seorang jatuh dari ketinggian dengan tumit kaki terlebih dahulu dan bagian yang patah selain tulang tumit, terjadi pula pada tibia dan berkemungkinan pula patah tulang paha dan tulang belakang.

Penampilan patah tulang (fraktur) dapat bervariasi tetapi untuk alasan yang praktis fraktur dibagi atas beberapa kelompok yang jelas, yaitu:

a. Fraktur *Greenstic* (Tak Lengkap)

Tulang terpisah secara tidak lengkap dan *periosteum* tetap menyatu. Pada fraktur *greenstic* tulang dapat bengkak atau melengkung (seperti ranting hijau yang dipatahkan) umumnya terjadi pada anak-anak.

b. Fraktur *Complete* (Lengkap)

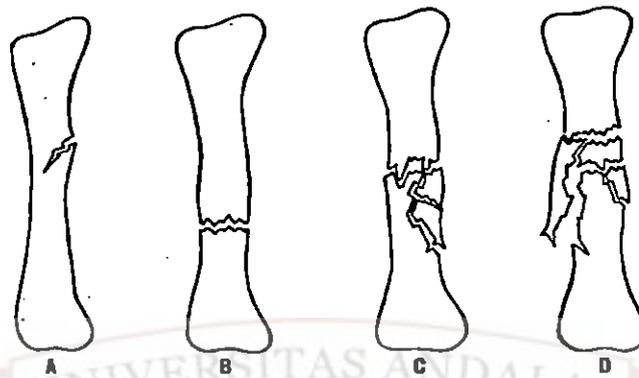
Tulang benar-benar patah menjadi dua bagian. Pada fraktur yang bersifat melintang biasanya patahan itu tetap di tempatnya setelah reduksi.

c. Fraktur *Comminuted*

Tulang yang mengalami keremukan dimana sejumlah patahan terbentuk karena tulang pecah.

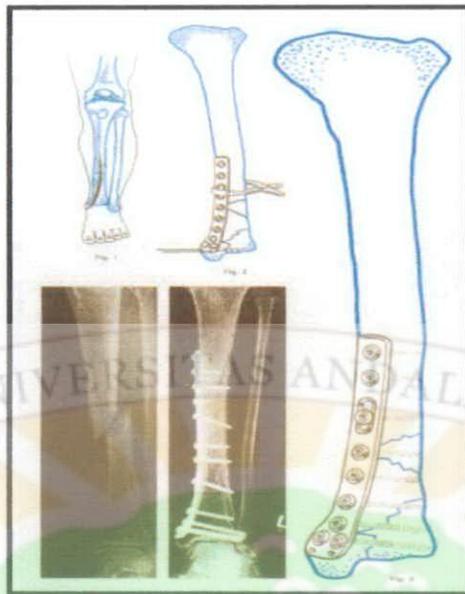
d. Fraktur *Compound*

Tulang yang juga mengalami keremukan serta sejumlah patahan yang terbentuk menembus atau melubangi kulit. Pada Gambar 2.11 dapat dilihat jenis-jenis fraktur.



Gambar 2.11 Tipe fraktur diperlihatkan secara diagramatik a.Greenstick, b. Complete, c. Comminuted dan d. Compound (jika kulit dilubangi) (Sumber: Appley, 1995)

Prinsip penanganan untuk patah tulang adalah mengembalikan posisi patahan tulang ke posisi semula (reposisi) dan mempertahankan posisi itu selama masa penyembuhan patah tulang (imobilisasi). *Implan* merupakan salah satu dari aplikasi *biomaterial* dan merupakan istilah yang digunakan untuk logam yang ditanamkan ke dalam tubuh untuk mengatasi tulang yang rusak atau patah. Selama ini, dunia orthopedi menggunakan implan berbahan logam. Secara umum, Sifat logam yang baik digunakan sebagai implan adalah logam tersebut tidak menimbulkan reaksi negatif seperti peradangan, alergi bahkan iritasi saat ditanam di dalam tubuh. Selain itu logam tersebut harus tahan korosi, fleksibel dan mendekati karakteristik tulang asli. Pada Gambar 2.12 diperlihatkan contoh implan yang terpasang pada tulang betis manusia.



Gambar 2.12 Contoh implan yang terpasang pada tulang betis manusia
(Sumber: <http://www.zimmer.com/MaterialUsedInOrthophaedic>)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 bulan yaitu dari Desember 2010 sampai Maret 2011 di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Andalas.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

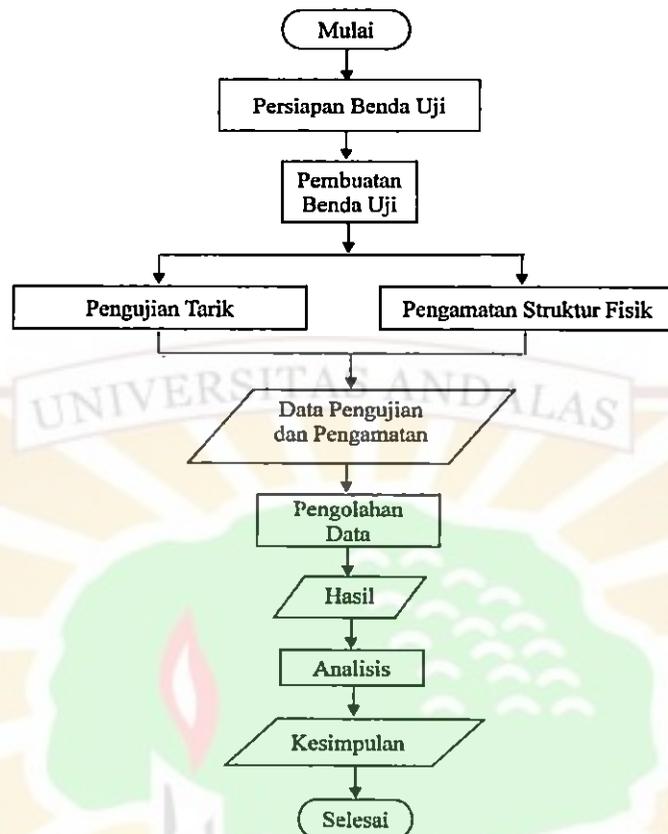
Peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan spesimen adalah gergaji besi, jangka sorong, tap kikir, amplas, kain beludru, air ledeng, gelas ukur, timbangan digital, kamera digital, pisau pemotong, botol film, mesin pendingin (kulkas), mesin uji tarik (*comp-ten testing machine*), mesin pemoles (*grinding/polishing machine*) dan mikroskop optik (*jenco image*).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tulang tungkai belakang (*metatarsus*) bagian kanan dari beberapa ekor sapi (sapi campuran dengan induk lokal pesisir diinseminasi dengan sapi simmental) dengan variasi berat tertimbang, yaitu 200 kg, 350 kg dan 500 kg, *Resin* pembersih dan *Hardener*, cairan asam dari jeruk nipis dan cairan pembesih yaitu air.

3.3 Skema Penelitian

Skema Penelitian secara garis besar dapat digambarkan melalui skema diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir pengujian tarik

3.4 Pengujian Tarik

Dalam pengujian tarik diperlukan persiapan benda uji, pembuatan spesimen benda uji dan sebagainya, untuk lebih jelasnya diuraikan langkah kerjanya sebagai berikut:

3.4.1 Persiapan Benda Uji

Benda uji yang akan disiapkan diambil dari tiga ekor sapi yang sudah dipilih kemudian ditentukan bagian tulang yang dijadikan sampel yaitu tulang tungkai belakang bagian kanan sapi. Selanjutnya tulang tungkai belakang bagian kanan

sapi yang sudah didapat kemudian dibersihkan dan disimpan di dalam mesin pendingin (kulkas) untuk mencegah pembusukkan sebelum dilakukan pembuatan Spesimen benda uji.

3.4.2 Pembuatan Spesimen Benda Uji

Pembuatan spesimen benda uji dimulai dengan memotong tulang tungkai sehingga nantinya spesimen sesuai dengan ukuran standar. Proses pembuatan spesimen benda uji dilakukan 12 jam setelah tulang dikeluarkan dari mesin pendingin sehingga suhunya sudah mencapai suhu kamar. Rangkaian proses yang dilakukan dalam pembuatan spesimen ini antara lain:

3.4.2.1 Proses Pemotongan Tulang

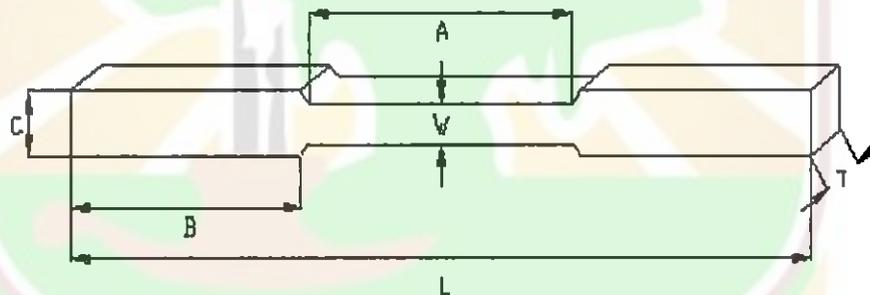
Daerah yang akan dipotong ditandai terlebih dahulu, dimana daerah yang diambil tidak terlalu melengkung sehingga mudah dibentuk sesuai dengan standar ukuran yang diinginkan. Pemotongan dikerjakan dengan gergaji pemotong dalam beberapa tahap pemotongan seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Tahap-tahap pemotongan tulang tungkai belakang (*metatarsus*) bagian kanan tulang sapi

3.4.2.2 Proses Pembentukan dan Penghalusan Permukaan Spesimen Uji

Tulang yang telah dipotong kemudian dibentuk sesuai dengan standar ASTM E-8 (*American Standard for Testing Machine*) (ASTM, 1997). Ukuran spesimen benda uji yang sesuai dengan standar ASTM E-8 dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pembentukan pada tulang harus dilakukan dengan hati-hati, hal ini disebabkan oleh terbatasnya geometri tulang. Pembentukan dapat dilakukan dengan menggunakan tap kikir sedangkan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan spesimen digunakan amplas. Hasil akhir pembuatan spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.4 yang memperlihatkan foto sebuah spesimen benda uji yang siap untuk diuji tarik.



Gambar 3.3 Ukuran spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat W (lebar/*width*) adalah lebar spesimen pada yang dikurangi atau daerah uji yang dibuat sebesar 6,35 mm, T (ketebalan/*thickness*) adalah tebal spesimen yang dibuat sebesar 5 mm, A (panjang bagian yang dikurangi/*length of reduce*) adalah panjang panjang spesimen pada daerah yang dikurangi atau daerah uji yaitu sebesar 31,75 mm, B (panjang bagian pegangan/*length of grip section*) adalah panjang tangkai

pegangan yang akan dipasang pada pemegang spesimen alat uji tarik yang besarnya adalah 31,75 mm, C (lebar bagian pegangan/*width of grip section*) adalah lebar tangkai pegangan yang akan dipasang pada pemegang spesimen alat uji tarik yang besarnya adalah 10 mm dan L (panjang keseluruhan/*over all length*) adalah panjang spesimen keseluruhan yang besarnya adalah 101,60 mm.



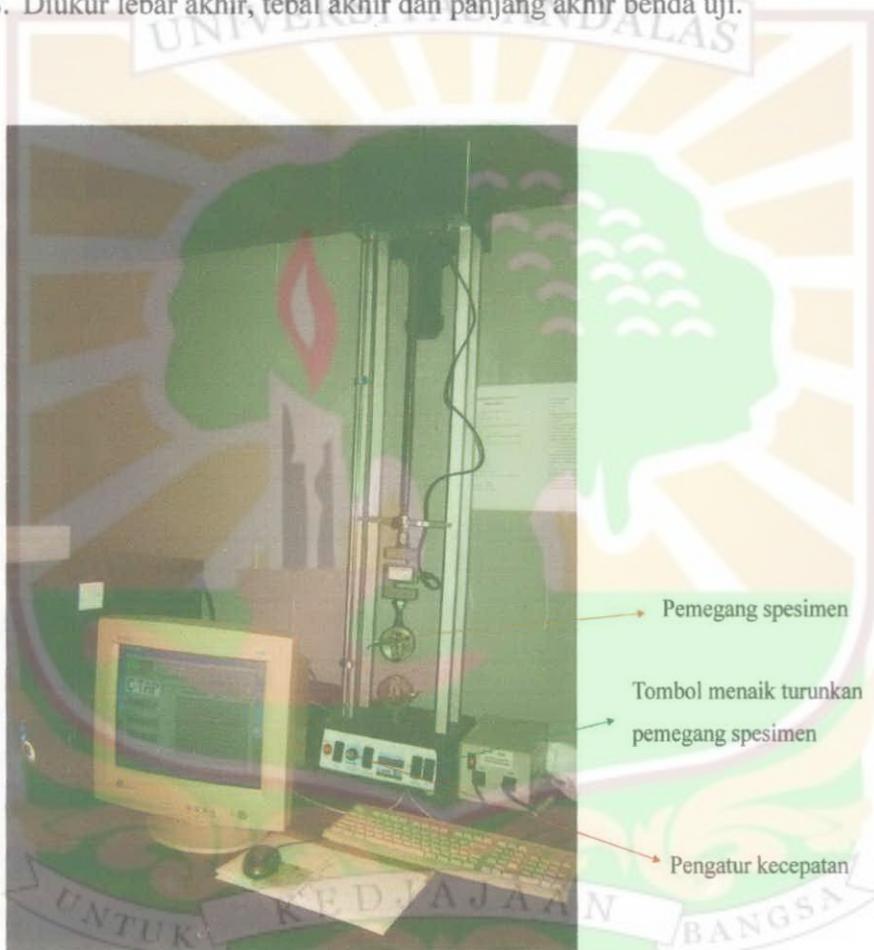
Gambar 3.4 Spesimen benda uji yang siap untuk diuji tarik

3.4.2.3 Prosedur Pengujian dan Langkah Pengolahan Data

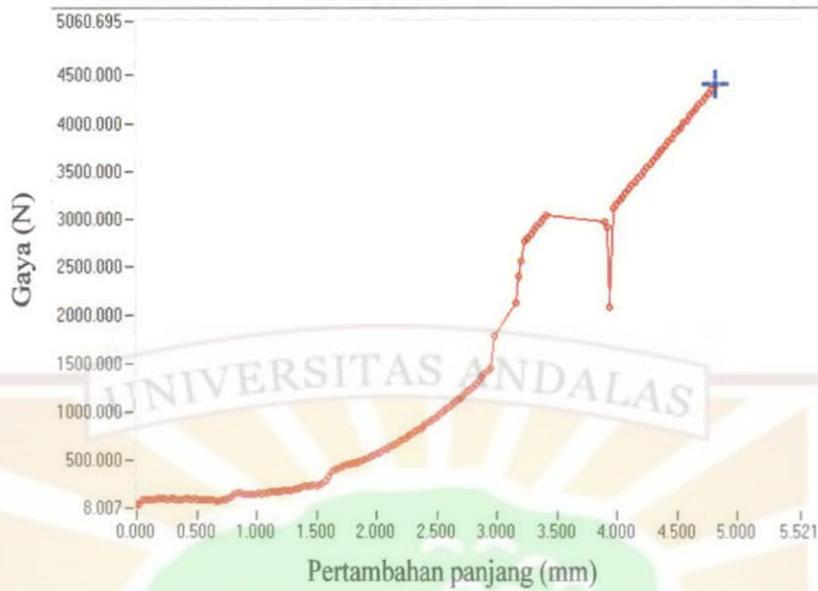
Prosedur pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik *Comp-ten Testing Machine* dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Benda uji dikelompokkan berdasarkan berat hidup.
2. Diukur lebar awal, tebal awal, panjang awal dan luas penampang awal dari masing-masing spesimen dengan menggunakan jangka sorong.
3. Benda uji difoto sebelum pengujian.
4. Disiapkan mesin uji tarik *com-ten testing machine* yang telah dikalibrasi seperti pada Gambar 3.5.

5. Benda uji dipasang pada pemegang spesimen yang terdapat pada alat dan mesin dijalankan dengan menggunakan perangkat komputasi.
6. Dari pengujian didapatkan kurva gaya terhadap pertambahan panjang. Contoh kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.
7. Penampang patahan hasil uji tarik diamati dan difoto, Gambar 3.7.
8. Diukur lebar akhir, tebal akhir dan panjang akhir benda uji.



Gambar 3.5 Alat pengujian tarik (*Com-Ten Testing Machine*)



Gambar 3.6 Kurva gaya terhadap pertambahan panjang spesimen uji



Gambar 3.7 Penampang patahan hasil uji tarik

Selanjutnya kurva gaya terhadap pertambahan panjang spesimen uji pada Gambar 3.6 harus diolah untuk menghilangkan garis-garis yang menunjukkan slip pada saat penarikan dan untuk mendapatkan koordinat titik potong antara gaya dan pertambahan panjang yang berimpit pada garis linier kurva setelah slip

dihilangkan. Langkah-langkah pengolahan data berupa kurva gaya (sumbu-Y) terhadap pertambahan panjang (sumbu-X) adalah sebagai berikut:

1. Kurva gaya terhadap pertambahan panjang, data uji tarik (Gambar 3.6) diperbesar ukuran skalanya menjadi 166 %, kemudian dicetak (*print*) di atas kertas millimeter blok seperti Gambar 3.8. Kertas millimeter blok yang telah bergaris kotak-kotak membantu dalam pembacaan titik-titik koordinat gaya dan pertambahan panjang yang saling berpotongan pada garis linier.

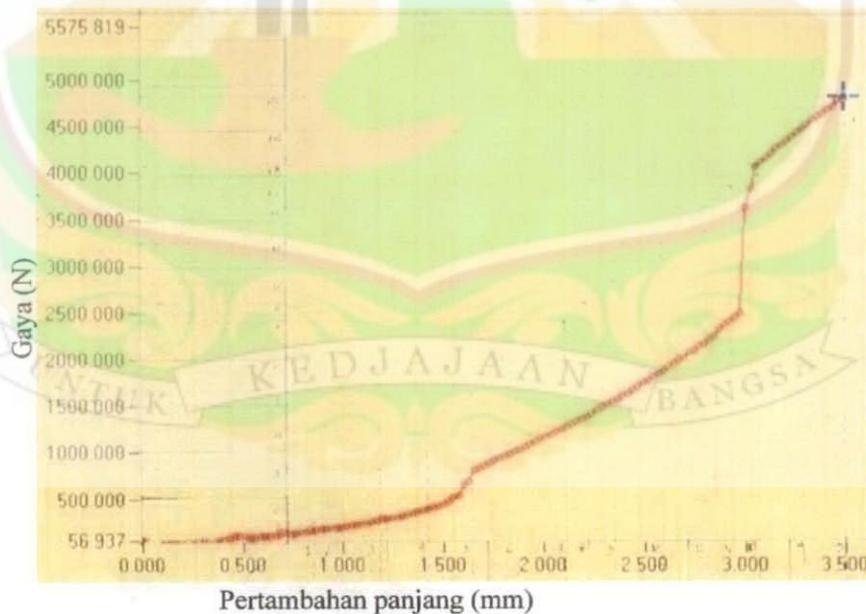


Gambar 3.8 Kurva gaya terhadap pertambahan panjang dicetak diatas kertas milimeter blok

Pada Gambar 3.8 diperlihatkan bahwa pada sumbu-X mempunyai skala sebesar 0,5 mm dan mempunyai jumlah kotak kertas millimeter blok sebanyak 25 kotak sehingga satu kotak (nilai dari satu garis ke garis berikutnya) adalah sebesar 0,02 mm sedangkan pada sumbu-Y mempunyai skala sebesar 500 N dan mempunyai jumlah kotak kertas millimeter blok

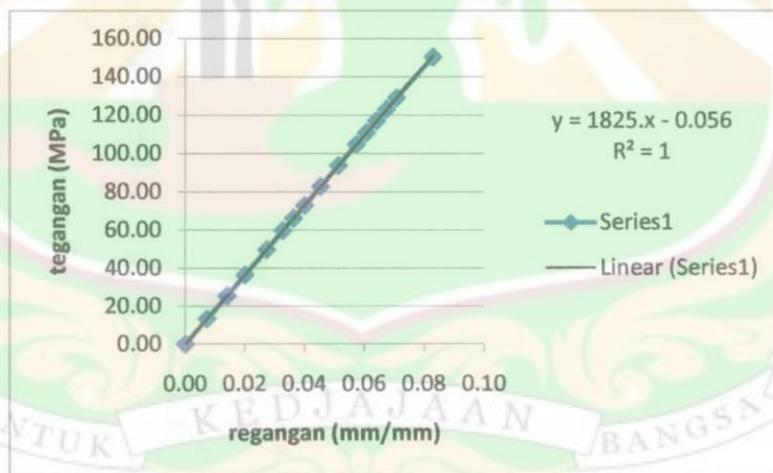
sebanyak 11 kotak, sehingga satu kotak tersebut nilainya adalah sebesar 45,45 N.

2. Pada kurva linear tercuram titik perpotongan sumbu-X dan Sumbu-Y yang menunjukkan perpotongan gaya maksimum dan penambahan panjang maksimum dihubungkan dengan garis lurus ke titik perpotongan yang menunjukkan gaya dan penambahan panjang sama dengan nol sehingga terbentuk garis linear gaya terhadap penambahan panjang. Kemudian ditandai titik-titik pada garis tersebut sebanyak 15 titik (titik potong) dengan jarak antar titik diusahakan hampir sama kemudian titik ini dihubungkan masing-masing ke sumbu-X dan sumbu-Y, selanjutnya untuk semua titik potong yang telah ditandai dihitung jumlah kotak di sumbu-X (dari titik $X=0$ sampai $X=$ titik potong) dan jumlah kotak di sumbu-Y (dari titik $Y=0$ sampai $Y=$ titik potong) seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hasil penarikan garis untuk mendapatkan nilai gaya dan penambahan panjang

3. Perkalian antara nilai satu kotak (nilai satu garis ke garis berikutnya) dengan jumlah kotak yang telah dihitung pada langkah 2 maka didapatkan nilai koordinat pertambahan panjang di sumbu-X dan nilai gaya pada sumbu-Y pada titik perpotongan tersebut. Cara yang sama juga dilakukan pada titik perpotongan selanjutnya sehingga diperoleh semua nilai titik perpotongan gaya dan pertambahan panjang pada kurva linear tersebut.
4. Selanjutnya dibuat kurva tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*). Semua titik koordinat tegangan didapatkan dari masing-masing nilai gaya dibagi luas penampang awal (\bar{A}_0) dan regangan didapat dari pertambahan panjang (ΔL) dibagi panjang awal penampang uji sehingga diperoleh kurva tegangan terhadap regangan seperti Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Kurva tegangan terhadap regangan dari pengujian tarik

5. Dari Gambar 3.10 diperoleh kekuatan tarik, regangan, modulus elastisitas dan ketangguhan dari spesimen benda uji. Kekuatan tarik yaitu dari nilai tegangan maksimum, modulus elastisitas yaitu nilai kemiringan garis linear

kurva, regangan saat patah yaitu regangan maksimum dan ketangguhan yaitu luas daerah di bawah kurva tegangan terhadap regangan tersebut. Pada gambar tersebut terdapat rumus yang merupakan kemiringan garis, $y = 1825x - 0.056$, nilai 1825 merupakan kemiringan garis kurva atau modulus elastisitasnya sedangkan nilai 0.056 adalah nilai y pada saat x samadengan nol.

6. Dari data kekuatan tarik, regangan maksimum, modulus elastisitas dan ketangguhan di peroleh kurva hubungan kekuatan tarik terhadap berat hidup sapi, regangan maksimum terhadap berat hidup, modulus elastisitas terhadap berat hidup dan ketangguhan terhadap berat hidup sapi.

3.5 Langkah Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian tarik dilanjutkan dengan pengamatan struktur mikro yang memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Pemotongan (*sectioning*)

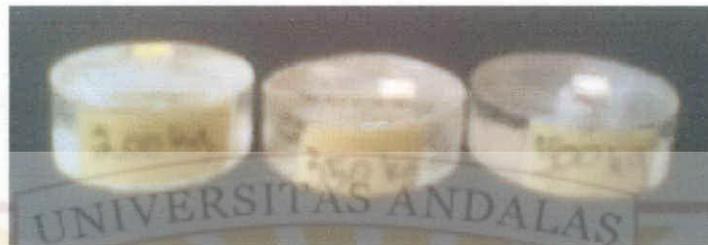
Proses pemotongan bertujuan untuk membuat spesimen dengan ukuran yang lebih kecil dari spesimen yang telah diuji tarik.

2. Pembingkai

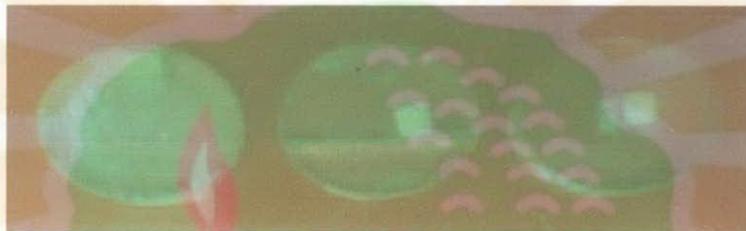
Pembingkai dilakukan bertujuan untuk memudahkan dalam memegang spesimen saat pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik. Proses pembingkai yaitu dengan meletakkan spesimen di dalam wadah cetakan bingkai (botol film) kemudian dimasukan resin cairan untuk membuat bingkai dan ditambahkan *Hardener* untuk mempercepat pengerasan *Resin*

pembingkai, kemudian dibiarkan selama 24 jam sampai bingkai terbentuk.

Spesimen yang telah dibingkai dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Spesimen yang telah dibingkai dilihat dari samping



Spesimen yang telah dibingkai dilihat dari atas

Gambar 3.11 Spesimen yang telah dibingkai

3. Pengamplasan

Pengamplasan dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil daerah deformasi plastis akibat penggergajian dalam proses pemotongan. Dalam pengamplasan juga diperlukan air untuk mendinginkan dan membersihkan spesimen setelah diampas. Jenis kertas ampas yang dipakai adalah *Silikon Karbida (Sic)* dengan nomor kertas, 600, 800, 1000 dan 1500 mesh. Makin tinggi nomor kertas, maka permukaan yang dihasilkan semakin halus. Arah pengamplasan dari satu ampas ke ampas lain dirubah-ubah untuk lebih mengamati apakah bagian yang terdeformasi akibat pengamplasan sebelumnya sudah berkurang.

4. Pemolesan secara mekanik (*polishing*)

Bertujuan untuk menghilangkan daerah deformasi plastis akibat pengamplasan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan kain beludru sebagai pengganti fungsi amplas dan lebih halus, air bersih sebagai cairannya dan alumina tipe 1 mikron sebagai penghalus dan meratakan permukaan spesimen. Arah pemolesan dibuat tegak lurus dengan arah pengamplasan sebelumnya dan selama pemolesan spesimen digerakkan ke depan dan ke belakang (di antara titik pusat dan sisi piringan pemoles), agar pasta alumina dapat terdistribusi dengan merata di atas piringan pemoles. Selama pemolesan besar penekanan yang diberikan berangsur-angsur dikurangi. Kemudian spesimen dibersihkan dengan air setiap satu langkah pemolesan terakhir, kemudian diletakkan untuk dikeringkan.

5. Pengetsaan

Pengetsaan adalah proses pencelupan spesimen ke dalam larutan asam selama ± 24 jam yang bertujuan untuk menghilangkan lemak-lemak yang terdapat dalam spesimen sehingga struktur mikro dapat terlihat dengan jelas. Setelah dicelupkan ke dalam larutan ini spesimen dibersihkan dengan untuk menghilangkan sisa lemak yang masih melekat pada spesimen.

6. Pengamatan dengan mikroskop optik

Untuk pengamatan struktur mikro tulang digunakan mikroskop optik dengan merek JENCO seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Mikroskop optik (JENCO)

Prosedur pengambilan foto struktur mikro tulang menggunakan mikroskop optik adalah sebagai berikut:

- A. Spesimen diletakkan di bawah lensa objektif.
- B. Pengamatan dimulai dengan lensa objektif yang perbesarannya paling kecil terlebih dahulu, jika kurang teramati dengan jelas digunakan lensa yang lebih tinggi perbesarannya.
- C. Lensa objektif diatur fokusnya dengan mengubah-ubah jarak antara lensa dengan spesimen sampai ditemukan fokus yang tepat.
- D. Pemotretan dilakukan jika struktur mikro yang diamati sudah jelas terlihat.

Prosedur penentuan persentase struktur mikro:

- a. Dicatat perbesaran lensa objektif dan okuler kemudian dihitung perbesaran total dengan mengalikan lensa objektif dengan lensa okuler.
- b. Dengan mengetahui perbesaran total kemudian ditentukan skala gambar dengan cara: $\text{Skala gambar} : \text{perbesaran total lensa} = \text{ukuran gambar sebenarnya}$, yaitu $1\text{cm} : 200\text{x} = 0,005\text{ cm} = 0,05\text{ mm} = 50\ \mu\text{m}$.
- c. Gambar struktur mikro diberi garis-garis dengan bantuan kertas tranparan, selanjutnya jumlah kotak pada kertas transparan dapat dianggap sebagai

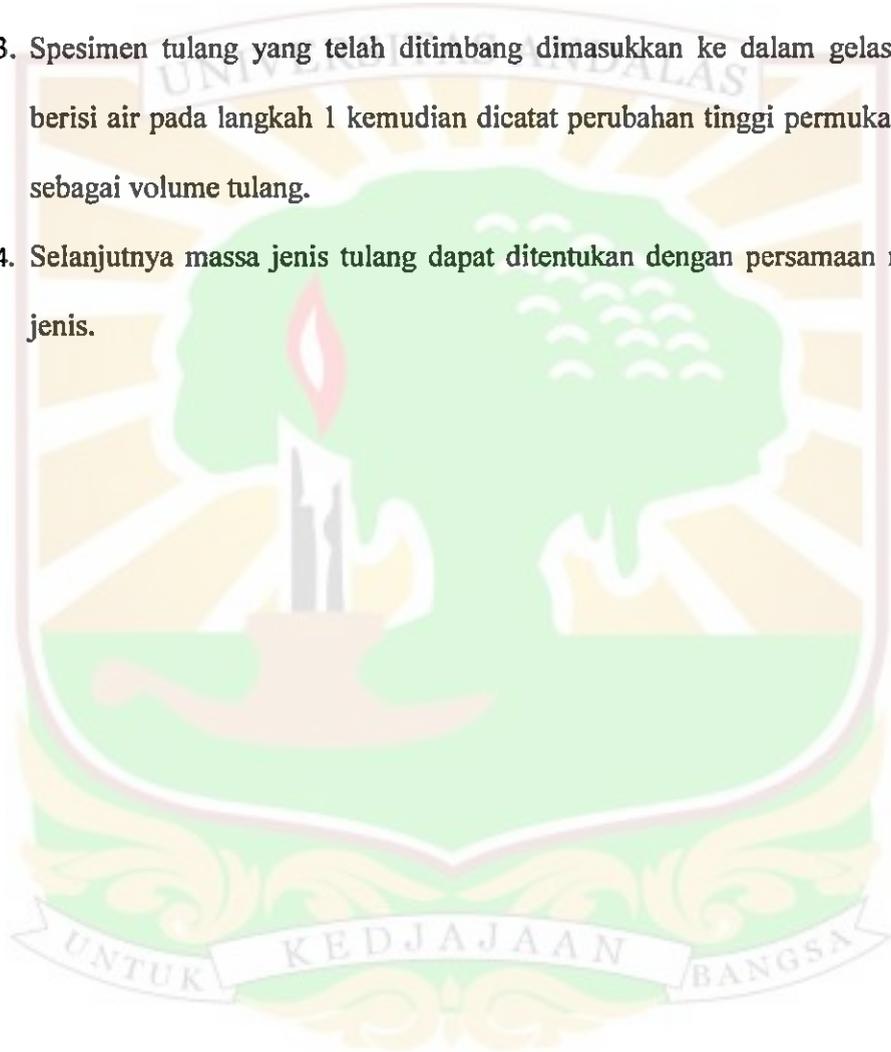
kotak yang menandakan luas gambar struktur mikro, dicatat jumlah kotak tersebut.

- d. Dengan menggunakan kertas pada langkah c diatas yang didempetkan pada gambar struktur mikro maka dapat dihitung jumlah saluran *Havers*, jumlah saluran *Volkman* dan jumlah *Osteon* yang memenuhi satu kotak penuh, setengah penuh atau kurang dari setengah penuh pada satu kotak dari seluruh kotak dalam kertas transparan tersebut, jika kotak terisi lebih dari setengah penuh maka nilainya dikatakan satu kotak, sebaliknya jika kurang dari setengah penuh maka dikatakan tidak ada saluran *Havers*, saluran *Volkman* dan *Osteon* yang mengisi satu kotak tersebut.
- e. Dengan memeriksa seluruh kotak pada kertas transparan yang didempetkan dengan gambar struktur mikro maka akan didapat jumlah saluran *Havers*, jumlah saluran *Volkman* dan jumlah *Osteon* pada pada gambar struktur mikro tersebut.
- f. Selanjutnya dihitung persentase jumlah saluran *Havers*, jumlah saluran *Volkman* dan jumlah *Osteon* pada pada gambar struktur mikro tersebut dengan cara:

$$\frac{\text{jumlah kotak saluran volkman} + \text{jumlah osteon} + \text{jumlah saluran haversian}}{\text{jumlah kotak pembanding}} \times 100 \%$$

3.6 Pengukuran Massa Jenis

1. Air ledeng dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian dicatat tinggi permukaan air tersebut sebagai volume air digelas ukur.
2. Spesimen tulang ditimbang menggunakan timbangan digital kemudian dicatat massa spesimen tersebut.
3. Spesimen tulang yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi air pada langkah 1 kemudian dicatat perubahan tinggi permukaan air sebagai volume tulang.
4. Selanjutnya massa jenis tulang dapat ditentukan dengan persamaan massa jenis.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

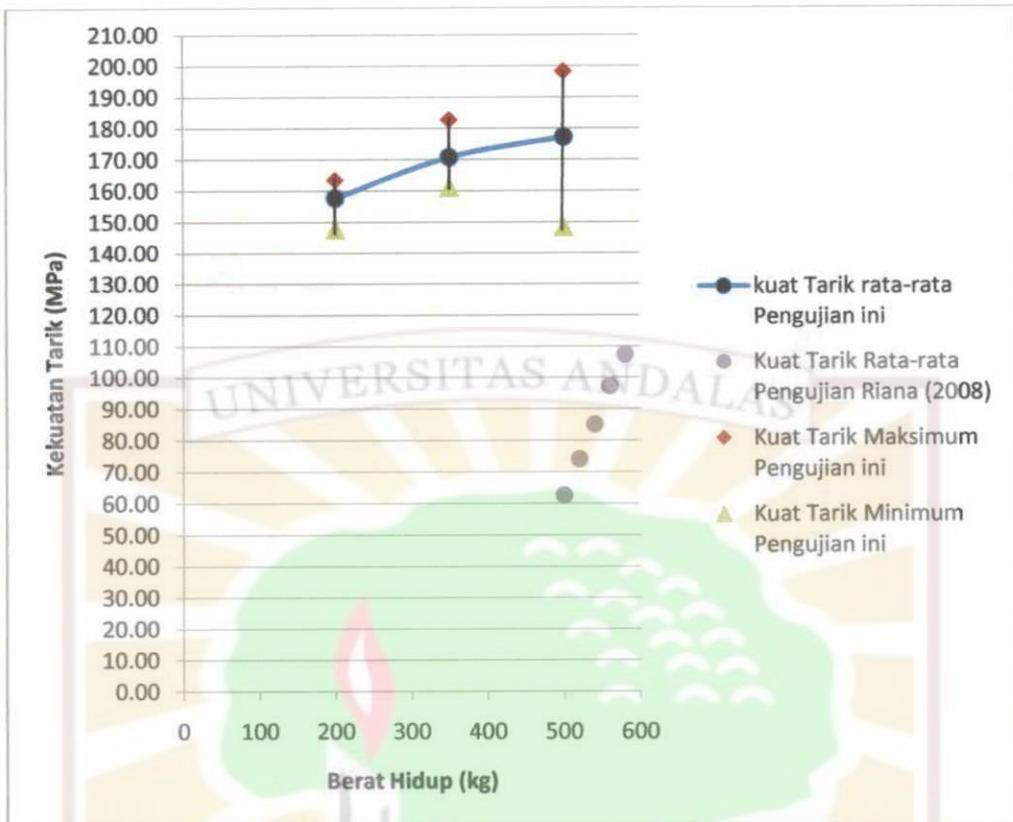
4.1 Karakteristik Mekanik

Dari pengujian karakteristik mekanik diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai kuat tarik rata-rata, regangan tarik rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan ketangguhan rata-rata dari masing-masing berat hidup

Berat Hidup (kg)	Kuat tarik rata-rata (MPa)	Regangan tarik rata-rata (mm/mm)	Modulus elastisitas rata-rata (GPa)	Ketangguhan rata-rata (Mj/m ³)
200	157,83	0,10	1,52	8,10
350	170,77	0,12	1,46	10,07
500	177,26	0,11	1,61	9,89

Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa adanya pengaruh berat hidup terhadap besar kuat tariknya, dimana dari berat hidup 200 kg terdapat kenaikan kuat tarik secara teratur ke berat hidup 350 kg dan sampai mencapai kuat tarik maksimal pada berat hidup 500 kg, sehingga dapat disimpulkan semakin besar berat hidup sapi sampai pada batas berat hidup tertentu, dalam penelitian ini sampai berat hidup 500 kg maka semakin besar pula nilai kuat tariknya. Hal ini terlihat lebih jelas pada Gambar 4.1

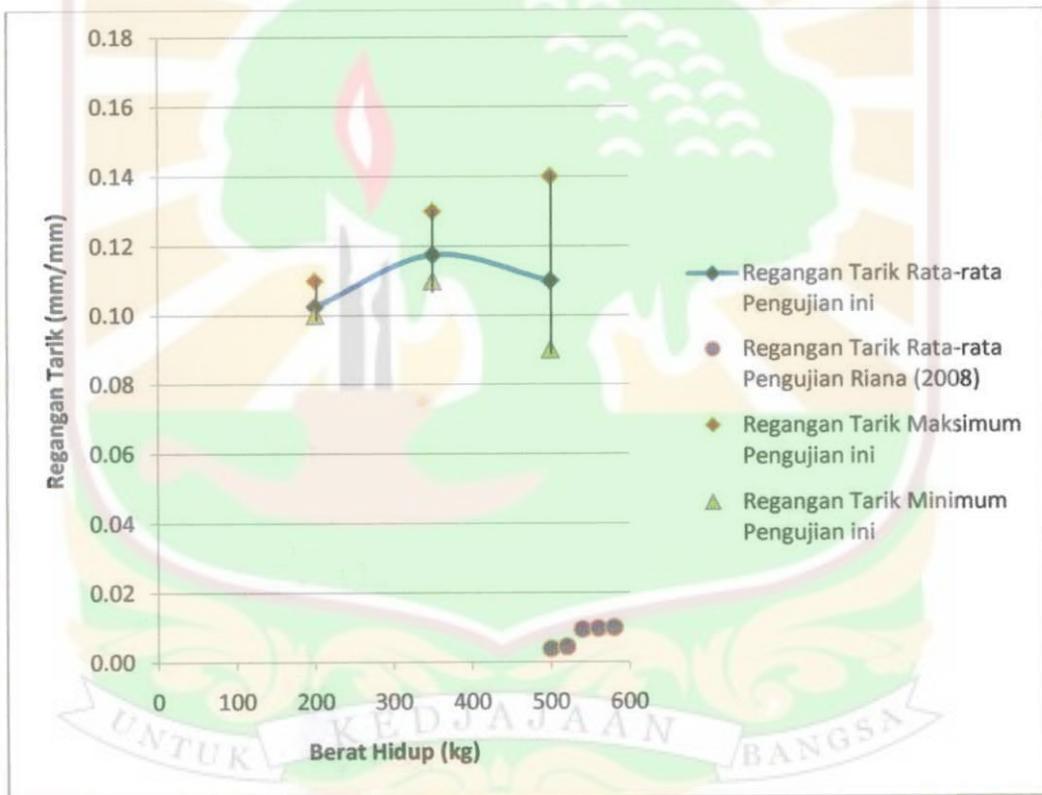


Gambar 4.1 Kurva kuat tarik terhadap berat hidup

Pada Gambar 4.1 nilai kuat tarik tulang terhadap berat hidup memperlihatkan rata-rata kuat tarik tulang sapi mempunyai nilai yang berbeda-beda untuk masing-masing berat hidup dan mempunyai kecenderungan kurva yang meningkat terhadap berat hidup yang meningkat. Pada penelitian ini, tulang sapi dengan berat hidup terendah, yaitu 200 kg mempunyai nilai kuat tarik tulang terendah sedangkan tulang sapi dengan berat hidup yang paling tinggi, yaitu 500 kg mempunyai nilai kuat tarik tulang paling tinggi. Nilai kuat tarik tulang sapi yang terendah adalah 157,83 MPa sedangkan nilai kuat tarik tulang sapi yang paling tinggi tersebut adalah 177,26 MPa. Hal ini menjelaskan bahwa dalam penelitian ini semakin bertambah berat hidup sapi sampai pada batas berat hidup tertentu yang

dalam penelitian ini berat hidup tertinggi adalah 500 kg, maka semakin meningkat pula nilai kuat tarik tulang sapi tersebut. Hal tersebut sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa pada berat hidup yang lebih besar maka tulang yang menopang berat hidup tersebut akan terangsang kerja sel-sel pembentuk tulangnya sehingga tulang tersebut lebih padat dan lebih bekuat, (Comston, 2002). Hal yang sama juga diperoleh dari penelitian menggunakan sapi jenis Brahman, (Riana, 2008). Pada penelitian Riana (2008) juga didapatkan kecendrungan kurva kuat tarik tulang sapi Brahman meningkat terhadap berat hidup yang meningkat, nilai kuat tarik tulang sapi Brahman yang terendah didapatkan pada berat hidup terendah atau 500 kg, yaitu 62,69 MPa sedangkan nilai kuat tarik tulang sapi Brahman yang tertinggi didapatkan pada berat hidup tertinggi atau 580 kg, yaitu 107,39 MPa. Jika dibandingkan penelitian ini dengan penelitian Riana (2008) maka didapatkan bahwa pada jenis sapi yang berbeda tetapi berat hidupnya sama, yaitu 500 kg nilai kuat tarik tulang yang didapatkan tidak sama. Pada penelitian ini berat hidup 500 kg adalah berat hidup sapi yang tertinggi yang digunakan sedangkan pada penelitian Riana (2008) berat hidup tersebut adalah berat hidup sapi terendah yang digunakannya dan jika dibandingkan nilai kuat tarik tulang sapi antara jenis sapi Simmental penelitian ini dengan jenis sapi Brahman penelitian Riana (2008) maka didapatkan hasil bahwa pada berat hidup yang sama, yaitu 500 kg nilai kuat tarik tulang sapi Simmental jauh lebih besar dibanding kuat tarik tulang sapi Brahman. Dari dua jenis sapi yang berbeda ini terlihat bahwa jenis sapi juga mempengaruhi kuat tarik tulang sapi tersebut.

Selain kuat tarik, Tabel 4.1 juga memperlihatkan adanya hubungan berat hidup sapi dengan regangan tarik pada saat spesimen patah selanjutnya ditulis regangan tarik saja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada gambar tersebut regangan tarik pada saat spesimen patah ditulis sebagai regangan tarik, hal ini untuk membedakan regangan tarik maksimum dari ke empat spesimen dalam satu berat hidup dengan regangan tarik untuk masing-masing spesimen pada saat patah (regangan maksimum spesimen).

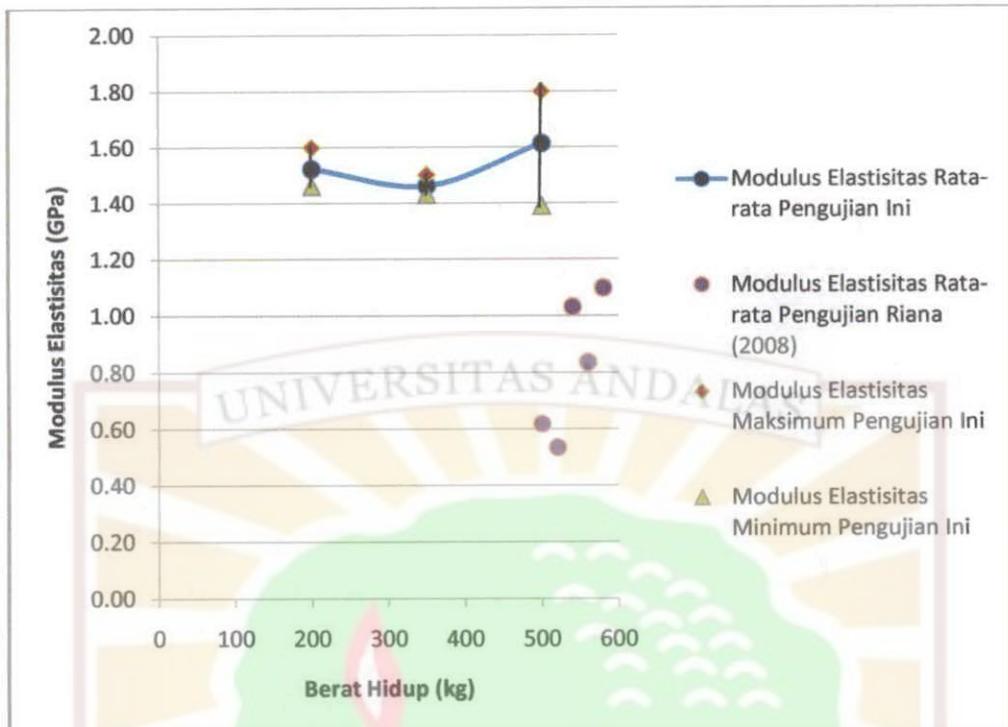


Gambar 4.2 Kurva regangan tarik terhadap berat hidup

Pada Gambar 4.2 kurva regangan tarik tulang sapi terhadap berat hidup pada penelitian ini memperlihatkan nilai rata-rata regangan tarik berbeda-beda untuk

masing-masing berat hidup yang berbeda. Rata-rata regangan tarik berkisar antara 0,10 mm/mm sampai 0,12 mm/mm. Nilai regangan tarik terendah terdapat pada berat hidup 200 kg sedangkan berat hidup tertinggi didapatkan pada berat 350 kg. Selain itu pada kurva regangan tarik terhadap berat hidup kecendrungan kurva regangan tarik rata-rata dari berat hidup 200 kg ke berat hidup 350 kg mengalami kenaikan, tapi dari berat hidup yang melebihi 350 kg sampai 500 kg nilai regangan tarik rata-rata mengalami penurunan. Pada berat hidup tertinggi, yaitu 500 kg terjadi penurunan regangan tarik yang menunjukkan pada berat hidup tersebut terjadi penurunan kelenturan tulang atau semakin kaku hal ini juga dapat dilihat dari bentuk penampang patahan yang diamati pada saat spesimen patah hampir tidak ada perubahan bentuk spesimen sebelum terjadi patah pada spesimen tersebut. Jika dibandingkan dengan penelitian Riana (2008), kecendrungan kurva regangan tarik yang diperoleh dari penelitiannya sama dengan kecendrungan kurva regangan tarik pada penelitian ini dan nilai untuk regangan tarik pada penelitian ini jauh lebih besar dari penelitian Riana (2008) karena perbedaan jenis sapi yang digunakan.

Modulus elastisitas juga dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.

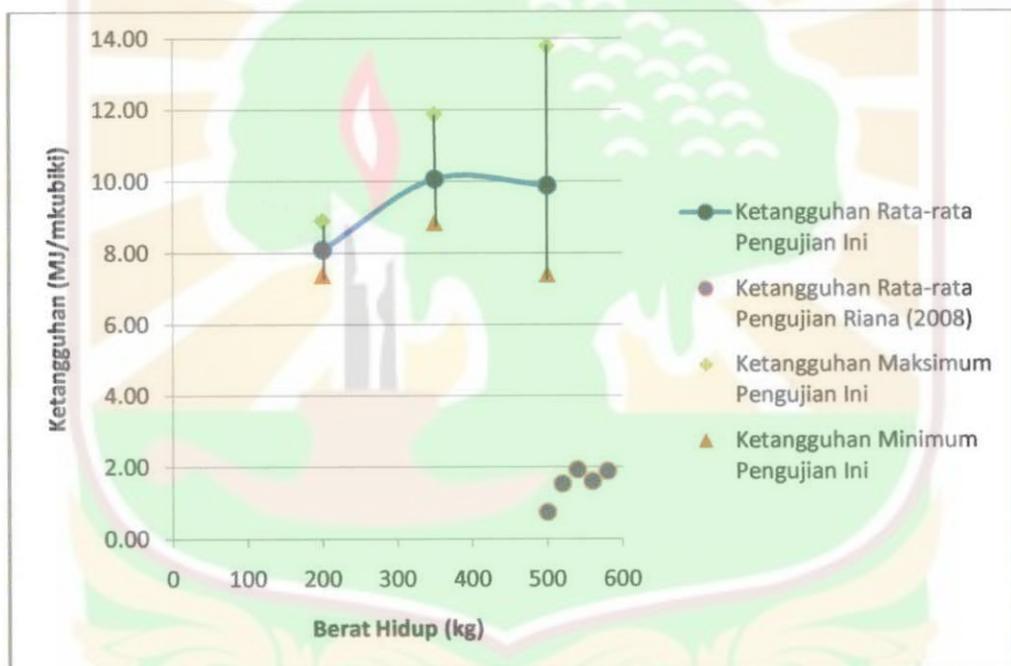


Gambar 4.3 Kurva modulus elastisitas terhadap berat hidup

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat kurva modulus elastisitas tulang sapi terhadap berat hidup pada penelitian ini yang memperlihatkan nilai rata-rata modulus elastisitas tulang berbeda-beda untuk masing-masing berat hidup yang berbeda. Rata-rata modulus elastisitas berkisar antara 1,46 GPa sampai 1,61 GPa. Nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada berat hidup 350 kg sedangkan berat hidup tertinggi didapatkan pada berat 500 kg. Selain itu pada kurva modulus elastisitas terhadap berat hidup kecendrungan kurva modulus elastisitas rata-rata dari berat hidup 200 kg ke berat hidup 350 kg mengalami penurunan, tapi dari berat hidup yang melebihi 350 kg sampai 500 kg nilai modulus elastisitas rata-rata mengalami kenaikan. Pada berat hidup tertinggi, yaitu 500 kg terjadi penurunan regangan tarik yang menunjukkan pada berat hidup tersebut terjadi kenaikan

kelenturan tulang atau semakin fleksibel. Jika dibandingkan dengan penelitian Riana (2008), kecenderungan kurva modulus elastisitas yang diperoleh dari penelitiannya sama dengan kecenderungan kurva modulus elastisitas pada penelitian ini dan nilai untuk modulus elastisitas pada penelitian ini jauh lebih besar dari penelitian Riana (2008) karena perbedaan jenis sapi yang digunakan.

Terakhir yang dapat dilihat dari Tabel 4.1 adalah nilai ketangguhan tulang sapi. Kecenderungan kurva ketangguhan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



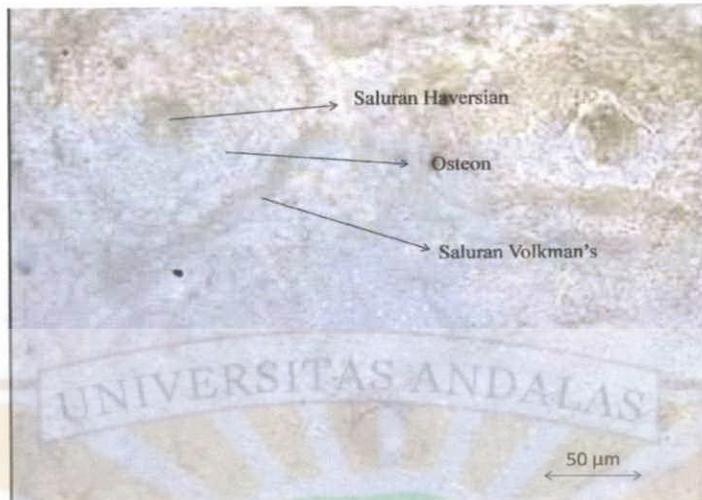
Gambar 4.4 kurva ketangguhan terhadap berat hidup

Pada Gambar 4.4 kurva ketangguhan tulang sapi terhadap berat hidup pada penelitian ini memperlihatkan nilai ketangguhan tulang berbeda-beda untuk masing-masing berat hidup yang berbeda. Nilai rata-rata ketangguhan tulang sapi pada penelitian ini berkisar antara $8,10 \text{ MJ/m}^3$ sampai $10,07 \text{ MJ/m}^3$. Nilai

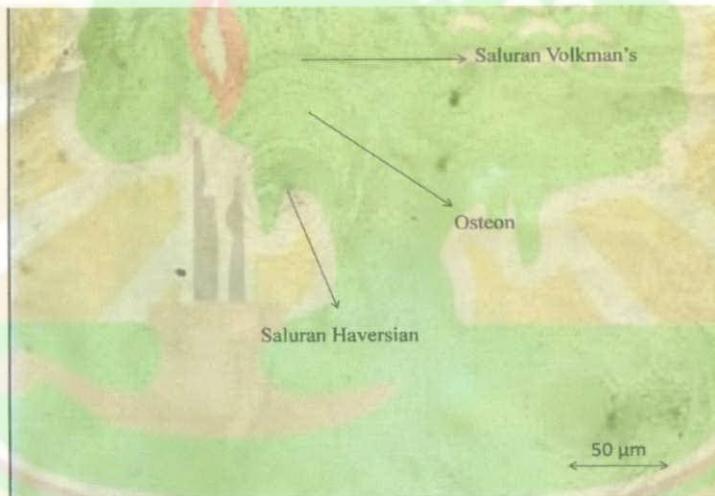
ketangguhan terendah terdapat pada berat hidup 200 kg sedangkan berat hidup tertinggi didapatkan pada berat 350 kg sedangkan untuk berat hidup 500 kg nilai ketangguhannya adalah $9,89 \text{ Mj/m}^3$. Selain itu pada kurva ketangguhan terhadap berat hidup terlihat kecendrungan kurva ketangguhan rata-rata dari berat hidup 200 kg ke berat hidup 350 kg mengalami kenaikan, tapi dari berat hidup yang melebihi 350 kg sampai 500 kg nilai ketangguhan rata-rata mengalami penurunan sedikit. Jika dibandingkan dengan penelitian Riana (2008), kecendrungan kurva ketangguhan yang diperoleh dari penelitiannya sama dengan kecendrungan kurva ketangguhan pada penelitian ini dan nilai untuk ketangguhan pada penelitian ini jauh lebih besar dari penelitian Riana (2008) karena perbedaan jenis sapi yang digunakan.

4.2 Struktur Mikro

Pada Gambar 4.5 sampai 4.7 dapat dilihat struktur tulang setelah dilakukan pengujian struktur fisik tulang pada tingkat mikro menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran lensa objektif 20 x dan okuler 10 x sehingga perbesaran total 200 x dan skala gambar 50 μm .

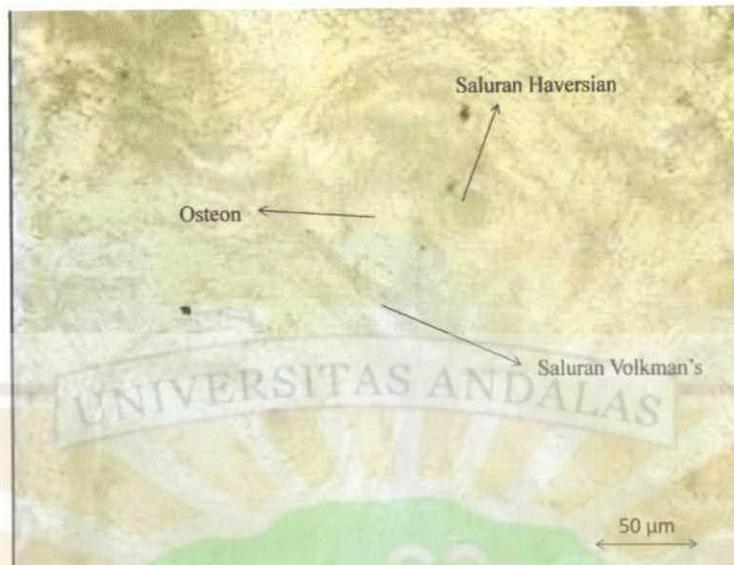


Gambar 4.5 Struktur tulang sapi berat hidup 200 kg



Gambar 4.6 Struktur tulang sapi berat hidup 350 kg

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA



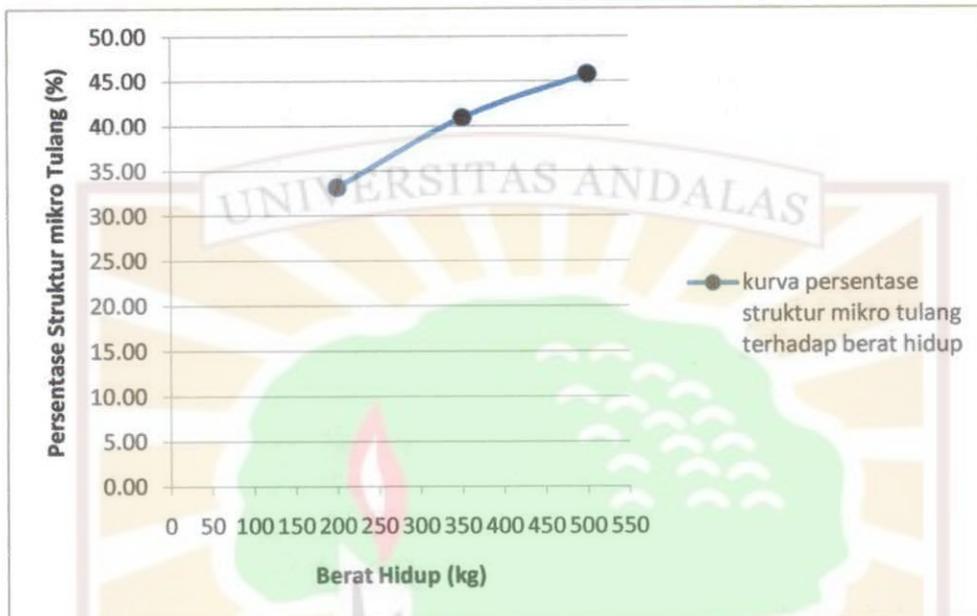
Gambar 4.7 Struktur tulang sapi berat hidup 500 kg

Tabel 4.2 Jumlah saluran *Havers*, *osteon* dan saluran *volkman* dari masing-masing berat hidup

Berat Hidup (kg)	Persentase Struktur Mikro Tulang (%)
200	33,18
350	40,94
500	45,76

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan persentase struktur mikro tulang terhadap masing-masing berat hidup. Persentase struktur mikro diperoleh dari perhitungan jumlah saluran *Havers*, *Osteon* dan saluran *Volkman*, nilai masing-masing tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3. Pada berat hidup 200 kg, persentase struktur mikro tulang adalah 33,18 %, pada berat hidup 350 kg persentase struktur mikro tulang meningkat menjadi 40,94 % dan pada berat hidup 500 kg persentase struktur mikro tulang meningkat menjadi 45,76 %. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan persentase struktur mikro tulang seiring dengan meningkatnya berat

hidup sapi. Peningkatan persentase struktur mikro tulang terhadap berat hidup dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kurva persentase struktur mikro tulang terhadap berat hidup sapi

Persentase struktur mikro tulang menunjukkan seberapa padat saluran *Havers*, *Osteon* dan saluran *Volkman* yang terdapat pada tulang. Kepadatan tersebut dipengaruhi oleh banyaknya saluran *Havers*, *Osteon* dan saluran *Volkman* pada tulang tersebut. Banyaknya saluran *Havers*, *Osteon* dan *Volkman* yang terbentuk mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya berat hidup. Dengan bertambahnya berat hidup maka sel pembentuk tulang bekerja maksimal dan sel pembentuk tulang bekerja maksimal bila nutrisinya tercukupi (Zaviera, 2007). Dalam hal ini saluran *Havers* dan saluran *Volkman* yang berisi pembuluh darah sangat berperan penting untuk memasok nutrisi sel-sel tulang sehingga sel pembentuk tulang bekerja maksimal.

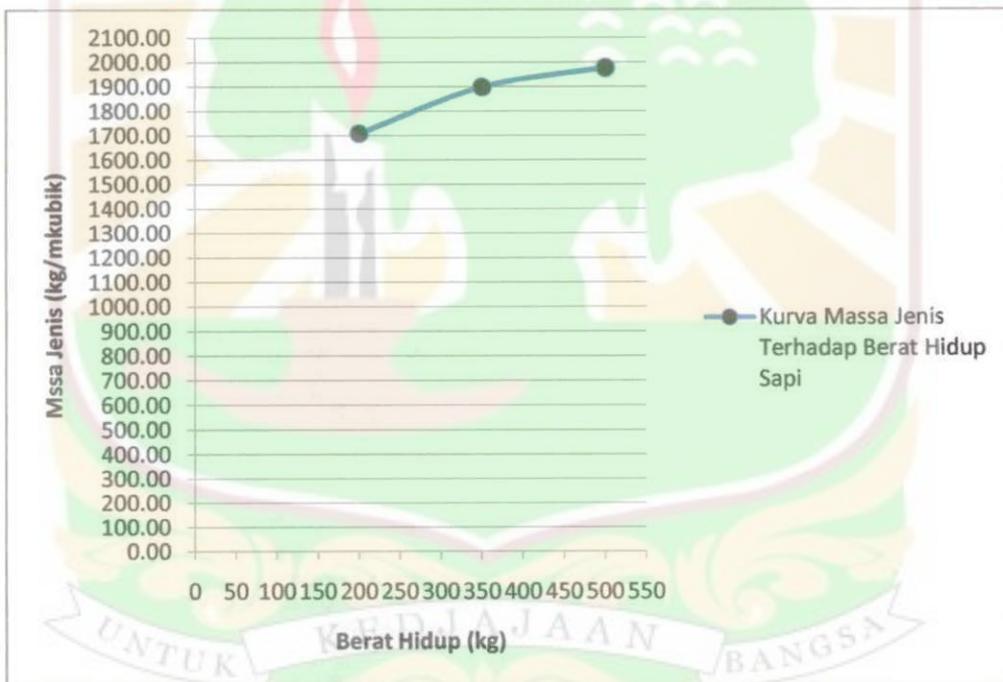
4.3. Massa Jenis

Hasil pengujian untuk massa jenis diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Massa jenis rata-rata dari masing-masing berat hidup sapi

berat hidup (kg)	massa jenis rata-rata (kg/m ³)
200	1.708,84
350	1.898,47
500	1.976,91

Pada tabel 4.3 memperlihatkan massa jenis rata-rata pada masing-masing berat hidup sapi dan kurvanya diperlihatkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kurva Massa jenis terhadap berat hidup sapi

Massa jenis rata-rata meningkat dengan meningkatnya berat hidup. Pada berat hidup 200 kg, massa jenis rata-rata tulang adalah 1.708,84 kg/m³, pada berat hidup 350 kg, massa jenis rata-rata tulang adalah 1.898,47 kg/m³ dan pada berat

hidup 500 kg, massa jenis rata-rata tulang adalah $1.976,91 \text{ kg/m}^3$. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa massa tulang akan meningkat seiring dengan meningkatnya berat tubuh (Compston, 2002). Kondisi ini disebabkan karena sel pembentuk tulang (osteoblas) bekerja maksimal pada tulang apabila ditekan oleh bobot yang berat. Posisi tulang menyangga berat tubuh yang menyebabkan tulang akan terangsang untuk membentuk massa pada area tersebut. Jika berat tubuh ringan, maka massa tulang yang terbentuk juga sedikit (Zaviera, 2007).



BAB V

PENUTUP

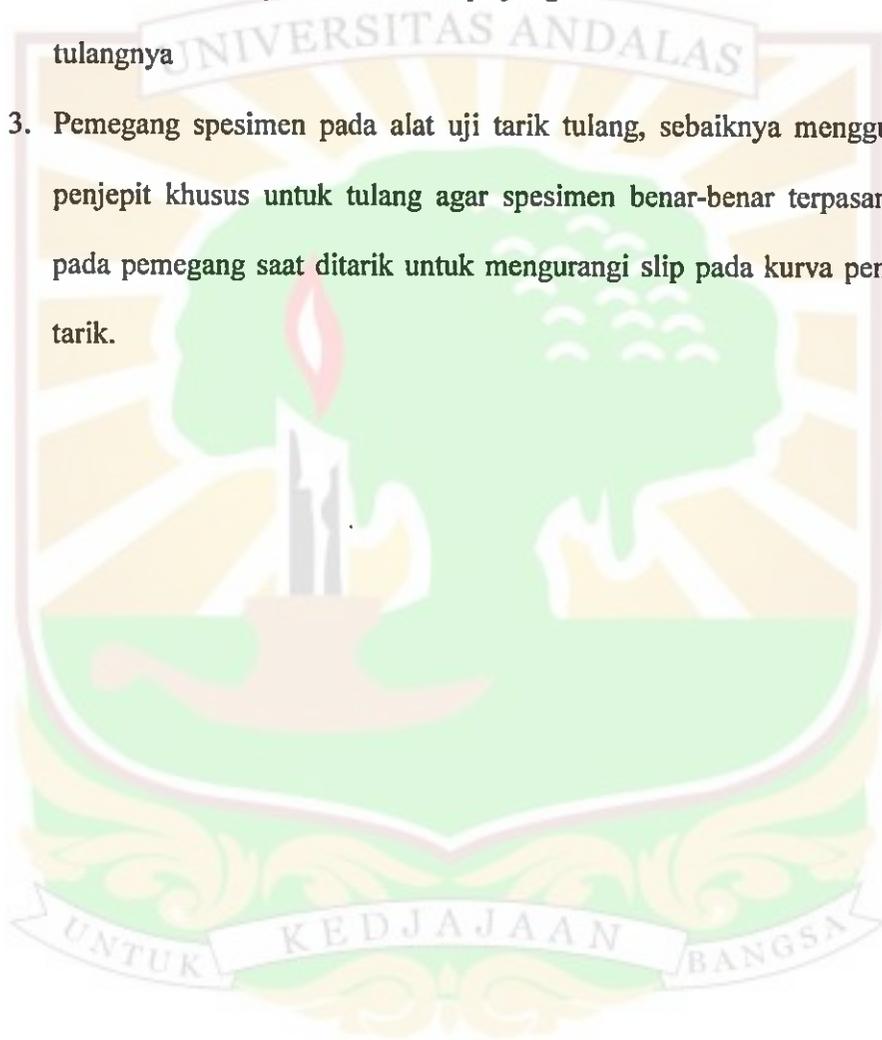
5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa berat hidup sapi berbanding lurus dengan kekuatan tarik, semakin tinggi berat hidup sampai pada batas tertentu dalam penelitian ini sampai berat hidup 500 kg maka semakin tinggi kekuatan tarik. Pada berat hidup tertinggi dalam penelitian ini, yaitu 500 kg kekuatan tarik rata-rata adalah 177,26 MPa. Pada berat yang sama regangan tarik rata-rata adalah 0,11 MPa, modulus elastisitas rata-rata adalah 1,61 GPa, dan ketangguhan rata-rata adalah 9,89 Mj/m³. Selain itu persentase struktur mikro dan massa jenis tulang juga meningkat terhadap berat hidup sapi, semakin besar nilai berat hidup sampai pada batas tertentu yang dalam penelitian ini sampai berat hidup 500 kg, maka persentase dan massa jenis tulangnya juga semakin meningkat. Pada berat hidup tertinggi pada penelitian ini, 500 kg didapatkan persentase struktur mikro sebesar 45,76 % dan massa jenis tulang sebesar 1.976,91 kg/m³. Kesimpulan berikutnya, yaitu dari perbandingan antara hasil penelitian ini yang menggunakan sapi Simmental dengan penelitian Riana (2008) yang menggunakan sapi Brahman, disimpulkan bahwa perbedaan jenis sapi juga mempengaruhi kekuatan tarik tulang.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya penulis menyarankan:

1. Pada penelitian selanjutnya agar variasi berat hidup yang digunakan lebih banyak agar hasil yang didapatkan lebih akurat
2. Mengetahui riwayat kesehatan sapi yang akan diteliti terutama kesehatan tulangnya
3. Pemegang spesimen pada alat uji tarik tulang, sebaiknya menggunakan penjepit khusus untuk tulang agar spesimen benar-benar terpasang erat pada pemegang saat ditarik untuk mengurangi slip pada kurva pengujian tarik.



DAFTAR PUSTAKA

- Administrator cpd dokter.com. 29 maret 2010. *Imunisasi Pada Usia Lanjut*. http://cpddokter.com/home/index.php?option=com_content&task=view&id=1700&Itemid=55. Diakses tanggal 4 Januari 2011.
- Appley, A.G.1995. *Buku Ajar Ortopedi dan Fraktur Sistem Appley*. Edisi ketujuh. Widya Medika. Jakarta.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1997. Annual Book of ASTM Standards. Easton, MD. Philadelphia.
- Compston, E and Watts, N.B. 2002. *Combination Therapy for Postmenopausal Osteoporosis*. Clinical Endocrinology. Vol. 56 (5). 565-569.
- Defli. 2009. *Makalah Osteoporosis*. <http://mklh4osteoporosis.blogspot.com/>. Diakses tanggal 5 April 2011.
- Delman dan Brown. 1989. *Buku Teks Histologi Veteriner*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Dieter, G.E., 1990. *Metalurgi Mekanik*, edisi ketiga, jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Frandsen, B.S.,D.V.M.,M.S. 1992. *Anatomi Dan Fisiologi Ternak, edisi keempat*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Giancoli, D.C. 1997. *Fisika I ed. 4*. Erlangga. Jakarta.
- <http://www.zimmer.com/MaterialUsedInOrthopaedic>
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1142/MENKES/SK/XII/2008. *Pedoman Pengendalian Osteoporosis Menteri Kesehatan Republik Indonesia*.
- Liu, H. and Webster, T.J. 2007. *Bioinspired Nanocomposites for Orthopedic Applications in Nanotechnology for The Regeneration of Hard and Soft Tissues*. 237hal.
- PERSI (Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia). 2010. *Awas! Waspada! Bahaya Osteoporosis*. <http://Pusat%20Data%20&%20Informasi%20PERSI.htm>. Diakses tanggal 26 Februari 2011.
- Poumarat, G. S. P. *Comparisson of Mechanical Properties of Human, Bovine bone and a new processed bone xenograft*. Biomaterials, 14 April 1993.

- Purwoastuti, Endang. 2009. *Waspada! Osteoporosis*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rastika, Icha. 2010. *Awas Osteoporosis Ancam Indonesia!*. <http://nasional.kompas.com/read/2010/10/24/0942241/Awas..Osteoporosis.Ancam.Indonesia>. Diakses tanggal 5 April 2011.
- Riana. 2008. *Karakteristik Fisik Dan Mekanik Tulang Sapi Jenis Brahman Berdasarkan Variabel Bebas Berat Hidup Sebagai Referensi Disain Material Implan*. Tesis PPs Unand. Padang.
- Sastranegara, Azhari. 2010. *Mengenal uji tarik dan sifat-sifat mekanik logam*. <http://www.infometrik.com/wp-content/uploads/2009/09/Mengenalujitarik.pdf>. Diakses tanggal 5 Januari 2011
- Suryanto, D. 2009. *Anatomi II: Osteology (Sistem Pertulangan dan Hubungannya)*. <http://ddsynt.blogspot.com/>. Diakses tanggal 5 Januari 2011
- Wibowo, D. S., 2005. *Anatomi Tubuh Manusia*. Grasindo. Jakarta.
- William F. Smith, *Principles Of Material Science And Engineering*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 1996.
- Yildirim, Oktay. 2004. *Preparation and Characterization of Chitosan/Calcium Phosphate Based Composite Biomaterials*. Izmir Institute of Technology Turkey.
- Zaviera, Ferdinand. 2007. *Osteoporosis: Deteksi Dini, Penanganan dan Terapi Praktis*. Yogyakarta.

UNIVERSITAS ANDALAS

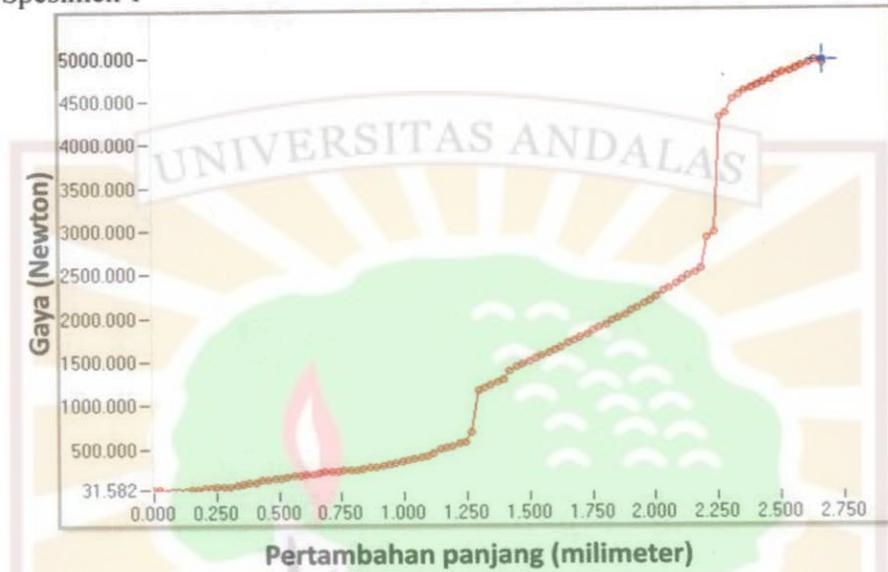
LAMPIRAN

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

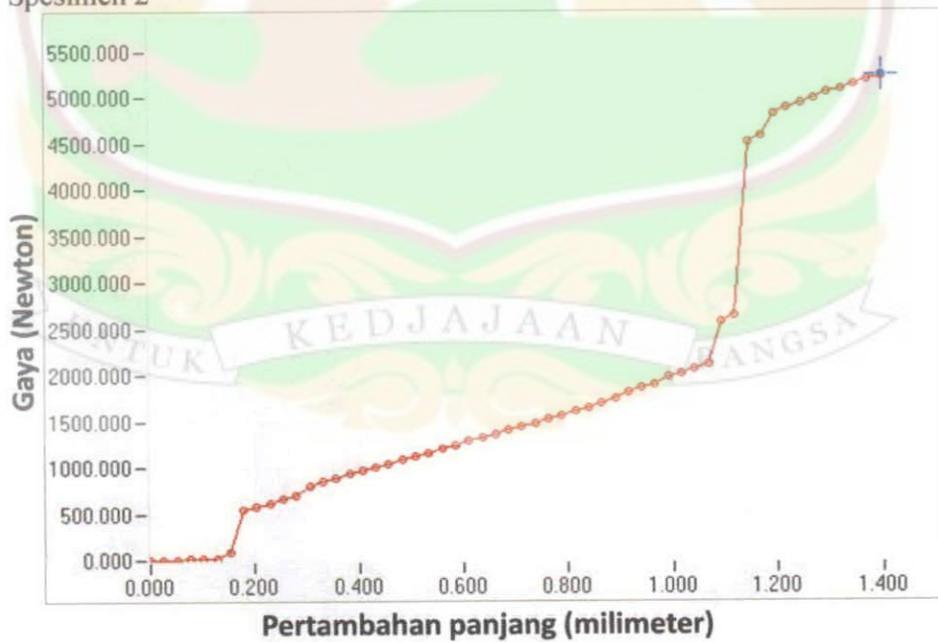
Lampiran 1 Kurva Gaya Terhadap Pertambahan Panjang, Data Penelitian Ini

1. Berat hidup 200 kg

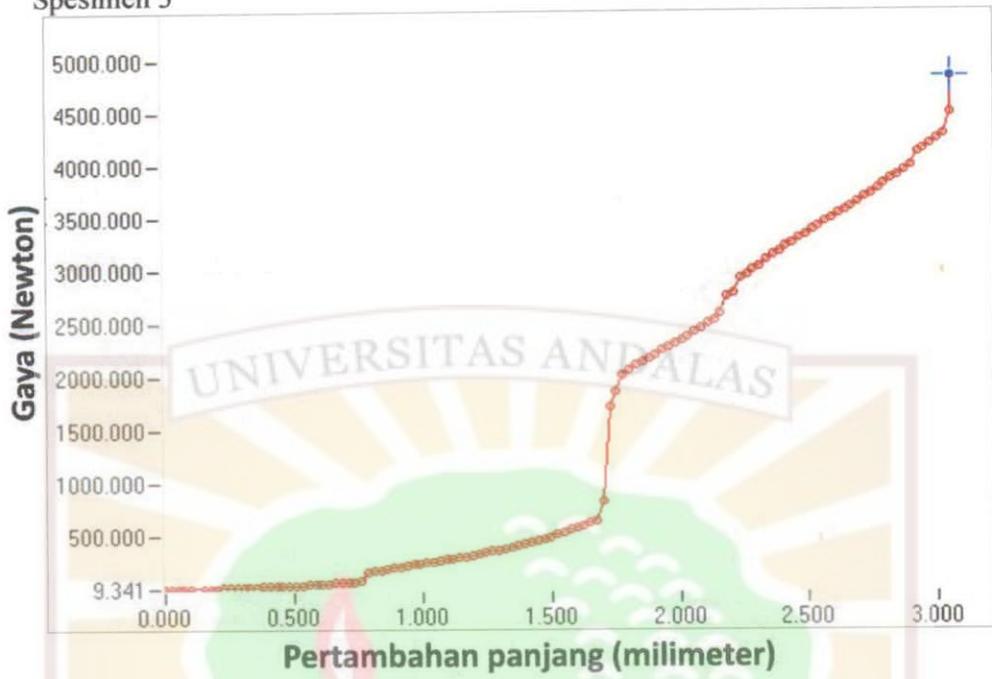
Spesimen 1



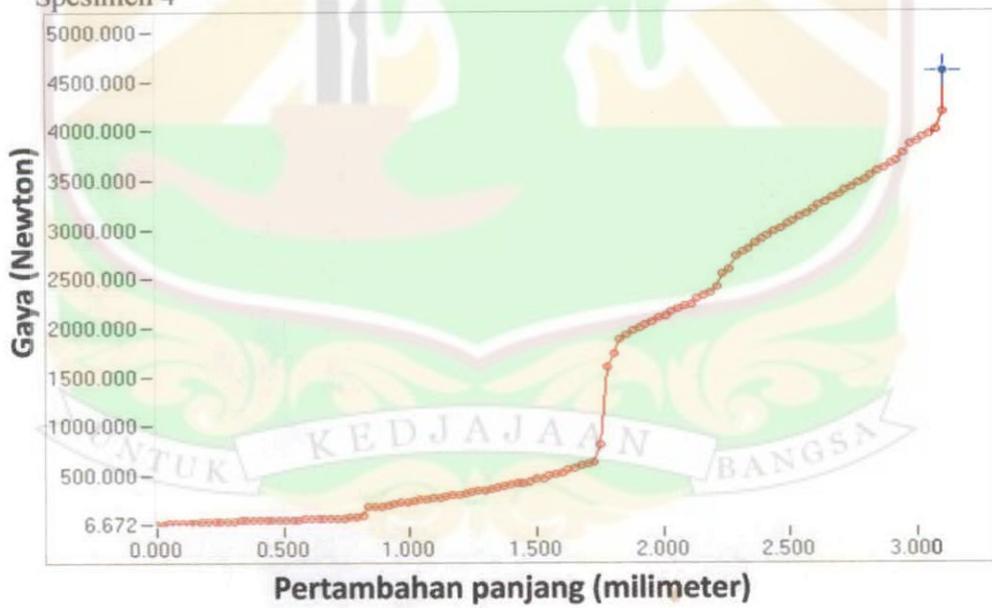
Spesimen 2



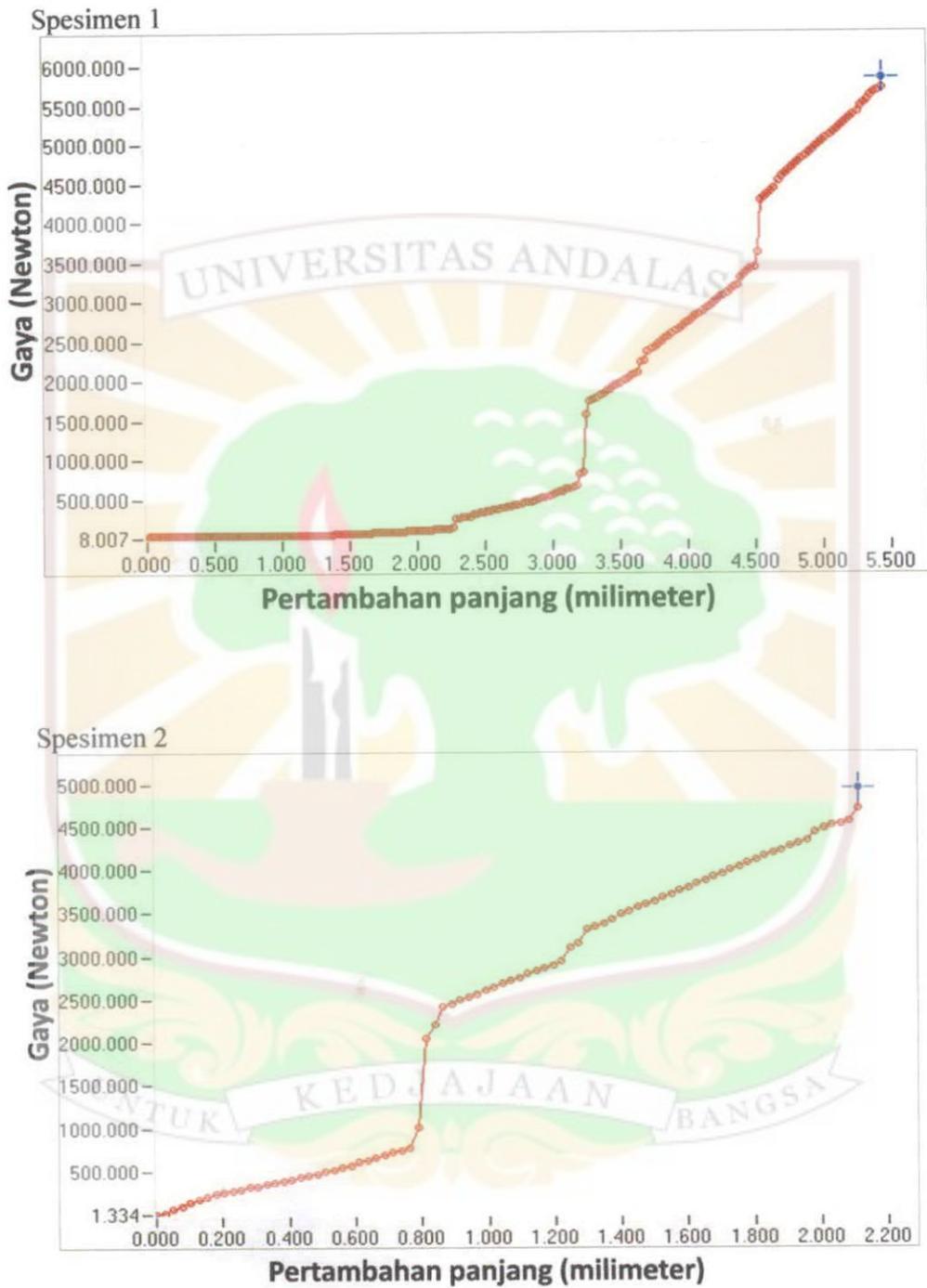
Spesimen 3



Spesimen 4



2. Berat hidup 350 kg



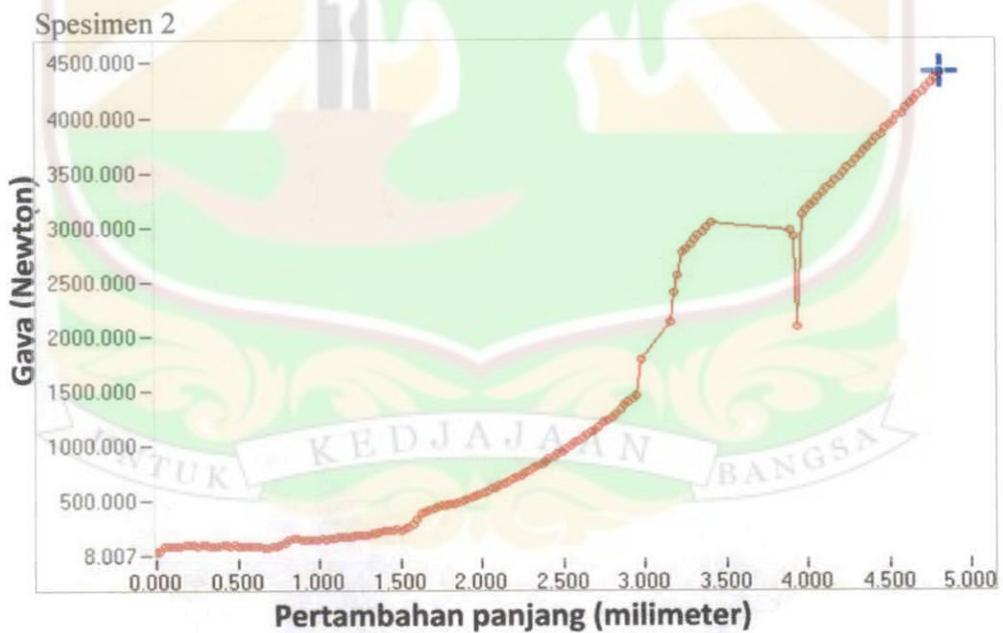
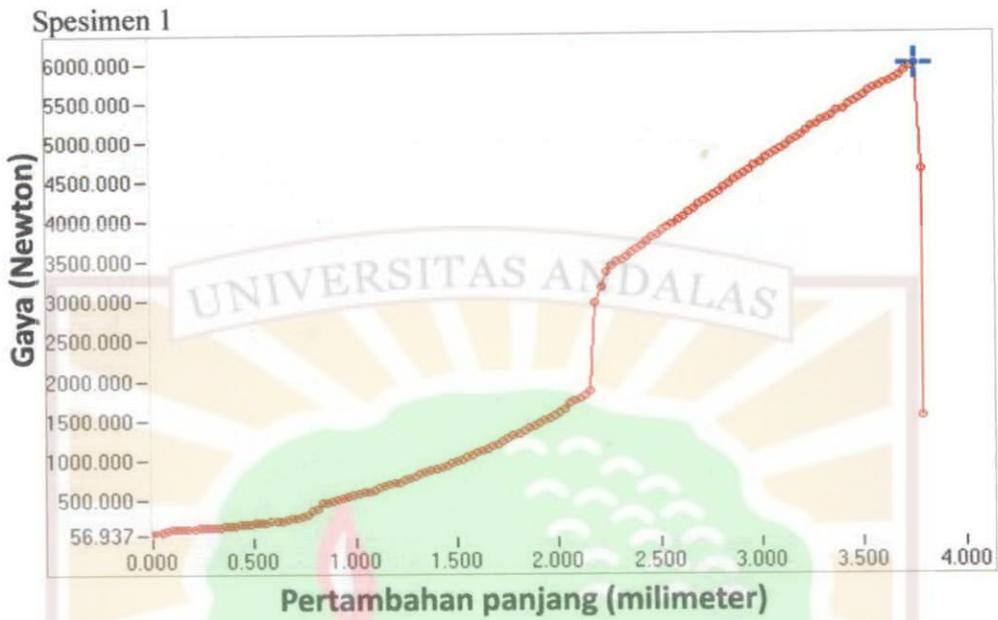
Spesimen 3

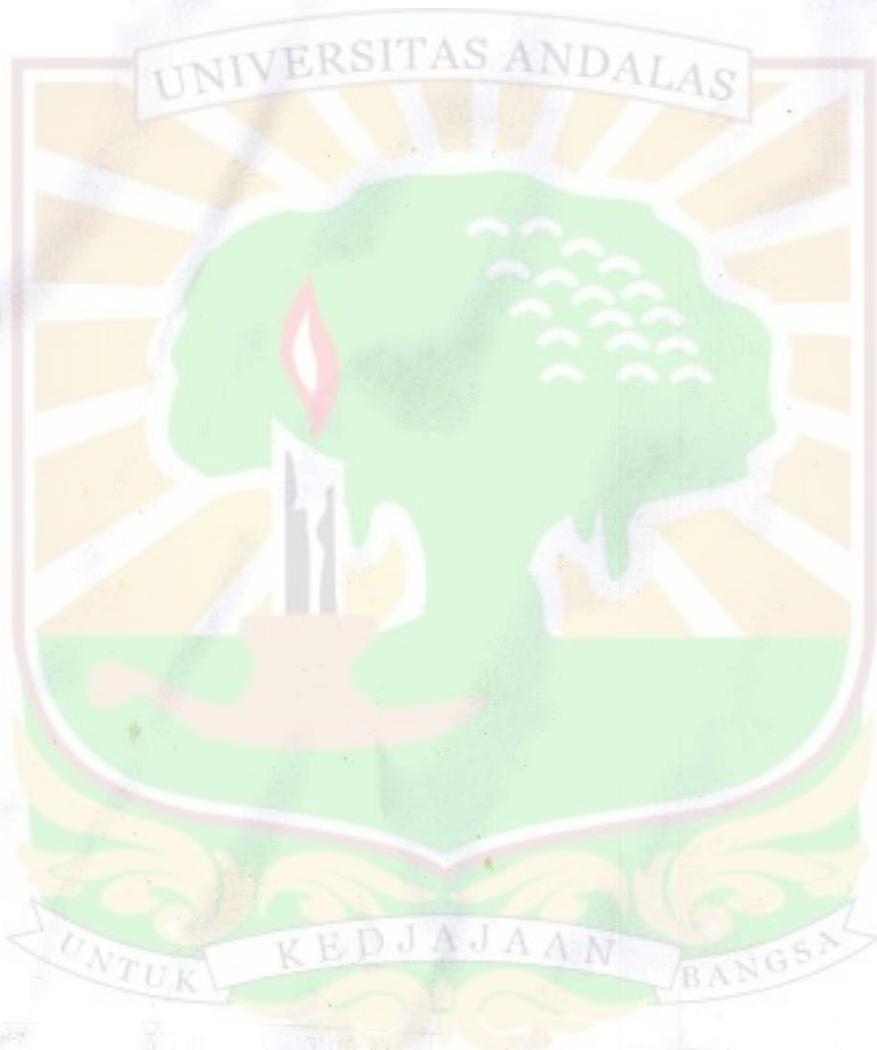


Spesimen 4



3. Berat hidup 500 kg





No	Nama	Nilai	Uraian	Nilai
1	1000	1000		1000
2	2000	2000		2000
3	3000	3000		3000
4	4000	4000		4000
5	5000	5000		5000
6	6000	6000		6000
7	7000	7000		7000
8	8000	8000		8000
9	9000	9000		9000
10	10000	10000		10000