



MODUL PETUNJUK

PRAKTIKUM ANATOMI, FARMAKOLOGI DASAR & TOKSIKOLOGI

Tim Penyusun

apt. Yulianasari Pulungan, M.Clin.Pharm.

apt. Citra Yuliyanda P, M.Farm

Dr. dr. Anggi Setiorini, S.Ked., M.Sc., AIFO-K

apt. Dwi Ismayati, M.Clin.Pharm

apt. Made Laksmi Meiliana, M.Farm.Klin

apt. Denny Ardhianto, M.Farm.Klin

apt. Okta Puspita, M.Clin.Pharm

dr. Rasmi Zakiah Oktarlina., S.Ked., M.Farm



PENGESAHAN

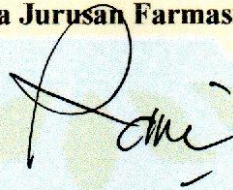
MODUL PETUNJUK PRAKTIKUM

ANATOMI, FARMAKOLOGI DASAR DAN TOKSIKOLOGI

Modul ini disusun sebagai pedoman dan acuan dalam pelaksanaan Praktikum Anatomi, Farmakologi Dasar dan Toksikologi Semester II Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

Bandar Lampung, April 2026

Ketua Jurusan Farmasi



dr. Rani Himayani, S.Ked., Sp.M

NIP. 19831225 200912 2 004

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur *alhamdulillah*, Buku Panduan Praktikum Anatomi, Farmakologi Dasar dan Toksikologi ini dapat tersusun dengan baik. Buku ini merupakan panduan bagi mahasiswa farmasi Universitas Lampung dalam melaksanakan Praktikum Anatomi, Farmakologi Dasar dan Toksikologi.

Praktikum Anatomi, Farmakologi Dasar dan Toksikologi merupakan bagian dari mata kuliah anatomi dan fisiologi manusia serta mata kuliah farmakologi dasar dan toksikologi dengan masing-masing bobot Satuan Kredit Semester (SKS) 1 yang bertujuan agar mahasiswa mampu memahami berbagai teori mengenai anatomi manusia, farmakologi dasar dan toksikologi serta mampu mengaplikasikan teori tersebut dengan tepat.

Buku panduan praktikum ini tersusun berkat kerjasama dan koordinasi tim pengampu mata kuliah Praktikum Anatomi, Farmakologi Dasar dan Toksikologi di Laboratorium Farmakologi Program Studi Farmasi dan Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Semoga buku panduan ini bermanfaat bagi perkembangan pengetahuan mahasiswa dalam menekuni ilmu kefarmasian, khususnya bidang anatomi, farmakologi dasar dan toksikologi.

Kami selaku tim penyusun sepenuhnya menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Demi menyempurnakannya, kami secara terbuka menerima saran maupun kritik yang membangun demi kesempurnaan baik isi maupun penyusunan buku petunjuk ini. Terima kasih.

Bandar Lampung, April 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vii
Tata Tertib Praktikum Anatomi	1
Tata Tertib Praktikum Farmakologi Dasar Dan Toksikologi	2
Komponen Nilai.....	3
Tugas Pendahuluan Praktikum Anatomi	3
Laporan Praktikum Farmakologi Dasar Dan Toksikologi.....	3
Format Laporan Praktikum Anatomi	4
Format Laporan Praktikum Farmakologi Dasar Dan Toksikologi	4
Etika Penggunaan Hewan Coba.....	5
Percobaan I Anatomi Sistem Saraf, Pancaindera Dan Muskuloskeletal.....	7
A. Anatomi Sistem Saraf	7
B. Anatomi Sistem Pancaindera	14
C. Anatomi Sistem Muskuloskeletal	20
Percobaan II Anatomi Sistem Respiratori, Kardiovaskular Dan Pencernaan.....	39
A. Anatomi Sistem Respiratori	39
B. Anatomi Sistem Kardiovaskular	50
C. Anatomi Sistem Pencernaan	57
Percobaan III Anatomi Sistem Urinari Dan Reproduksi	71
A. Anatomi Sistem Urinari	71
B. Anatomi Sistem Reproduksi	78
Percobaan IV Penanganan Hewan Coba.....	87
Percobaan V Uji Efek Diuretika	94
Percobaan VI Uji Efek Sedatif Dan Uji Stimulansia	98
Percobaan VII Harvesting Organ.....	105
Daftar Pustaka.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambaran umum sistem saraf.....	8
Gambar 2. Klasifikasi Sistem Saraf.....	8
Gambar 3. Gambaran Susunan Saraf Pusat	9
Gambar 4. Cerebrum.....	10
Gambar 5. Anatomi cerebellum.....	10
Gambar 6. Anatomi batang otak.....	11
Gambar 7. Gambaran Umum Saraf Kranial	12
Gambar 8. Gambaran Umum Korda Spinal (Sumsum Tulang Belakang) dan Saraf Spinal ..	13
Gambar 9. Struktur saraf.....	14
Gambar 10. Lapisan kulit.....	15
Gambar 11. Lapisan epidermis	16
Gambar 12. Bola Mata.....	18
Gambar 13. Telinga, Auris; liang pendengaran luar, rongga gendang telinga, trompet telinga.....	20
Gambar 14. Otot Tubuh Manusia	22
Gambar 15. Kerangka Manusia	23
Gambar 16. Klasifikasi tulang).....	26
Gambar 17. Anatomi tulang pendek	27
Gambar 18. Tipe- tipe Sendi.....	28
Gambar 19. Sendi Fibrosa, (a) Sutura (b) Sindesmosis (c) Gomfosis	29
Gambar 20. Sendi tulang rawan.....	29
Gambar 21. Sendi atlantoaksial [kiri]; dan sendi radioulnar proksimal [kanan]	30
Gambar 22. Sendi pada siku tangan [kiri]; dan sendi pada lutut [kanan].....	31
Gambar 23. Sendi pada jari tangan.....	31
Gambar 24. Sendi pada bagian pangkal tulang ibu jari	32
Gambar 25. Sendi pada pergelangan tangan (carpal) dan pergelangan kaki (tarsal).....	33
Gambar 26. Sendi pada pinggul [kiri]; sendi pada bahu [kanan]	33
Gambar 27. Jenis Sendi Sinovial	34
Gambar 28. Ligamen Lutut.....	35
Gambar 29. Tendon dan Ligamen Sendi Bahu	36
Gambar 30. Ligamen Pergelangan Kaki dan Kaki	37
Gambar 31. Selubung Tendon dan Retinakulum Pergelangan Kaki	38
Gambar 32. Gambaran alat pernafasan; tampak medial atau ventral	39
Gambar 33. Hidung Bagian Luar.....	40
Gambar 34. Dinding Lateral Rongga Hidung.....	41
Gambar 35. Subdivisi pada faring: nasofaring, orofaring, dan laringofaring.....	42
Gambar 36. Otot-otot Laring	44
Gambar 37. Trakea dan bronkus.....	46
Gambar 38. Bronkiolus mengarah ke kantung alveolus di zona pernafasan	47
Gambar 39. Aspek medial paru-paru.....	49
Gambar 40. Anterior insitu pada jantung.....	52

Gambar 41. Arteri koroner dan vena jantung	52
Gambar 42. Sistem kardiovaskular	56
Gambar 43. Gambaran Sistem Pencernaan; tampak medial atau ventral	57
Gambar 44. Rongga Mulut dengan Diseksi Sebagian Langit-langit Mulut)	58
Gambar 45. Persarafan Sensori Lidah	58
Gambar 46. Pengecapan di Lidah	59
Gambar 47. Gigi Permanen dan Gigi Susu	61
Gambar 48. Esofagus dan Aorta Toraks	62
Gambar 49. Lambung	63
Gambar 50. Usus Halus	64
Gambar 51. Duodenum	65
Gambar 52. Jejunum dan Ileum	65
Gambar 53. Usus besar	66
Gambar 54. Rektum dan Saluran Anus	67
Gambar 55. Saluran Anus	68
Gambar 56. Berbagai Tampilan Liver dan Dasar Liver	69
Gambar 57. Pankreas	69
Gambar 58. Kandung Empedu	70
Gambar 59. Organ Urinaria	71
Gambar 60. Ginjal	72
Gambar 61. Ginjal Kiri	72
Gambar 62. Aliran Darah di Ginjal	73
Gambar 63. Aliran Darah di Nefron	74
Gambar 64. Kandung Kemih atau bladder [a] Penampang melintang bagian anterior kandung kemih [b] Otot detrusor pada kandung kemih	76
Gambar 65. Gambaran Alat Berkemih dan Alat Kelamin Pria; tampak medial	77
Gambar 66. Gambaran Alat Berkemih dan Alat Kelamin Wanita; tampak medial	77
Gambar 67. Perineum Pria, Kantung Permukaan, dan Penis	78
Gambar 68. Skrotum dan testis	79
Gambar 69. Anatomi testis	79
Gambar 70. Anatomi penis dan Uretra	80
Gambar 71. Perineum Wanita dan Kantung Perineum Superficial	81
Gambar 72. Ovarium, tuba falopi dan uterus	83
Gambar 73. Anatomi payudara	86
Gambar 74. Organ abdominal dan dada (thorax) pada hewan uji tikus. Organ tersebut biasanya terlihat ketika hewan uji dibuka pertama kali	105
Gambar 75. Anatomi organ abdominal dan retroperitoneal tikus	106
Gambar 76. Anatomi organ reproduksi pada tikus jantan	106
Gambar 77. Anatomi organ reproduksi pada tikus betina	107

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Saraf Kranial.....	11
Tabel 2. Bentuk-bentuk Otot.....	21
Tabel 3. Klasifikasi Tulang.....	25
Tabel 4. Karakteristik Struktural Trakea dan Bronkus	45
Tabel 5. Struktur Penyusun Alat Kelamin Eksternal Wanita	82

TATA TERTIB PRAKTIKUM ANATOMI

1. Mahasiswa wajib hadir 10 menit sebelum praktikum dimulai, keterlambatan lebih dari 15 menit setelah praktikum dimulai TIDAK DIPERKENANKAN mengikuti praktikum pada hari itu dan TIDAK ADA REMIDIAL.
2. Mahasiswa tidak diperkenankan masuk ke laboratorium tanpa izin dari dosen anatomi dan petugas laboratorium
3. Sebelum masuk ke dalam laboratorium, mahasiswa harus memakai Alat Pelindung Diri (APD) berupa: jas laboratorium lengan panjang sesuai standar FK Unila, memakai masker, sandal, kaos kaki dan handscoun.
4. Mahasiswa yang tidak memakai hijab, rambut harus diikat dan memakai hairscap. Bila mahasiswa memakai hijab, maka hijab harus dimasukkan ke dalam jas laboratorium.
5. Mahasiswa diwajibkan membawa Buku Atlas Anatomi, boleh berupa buku cetak ataupun dalam bentuk *e-book*.
6. Hal yang diperbolehkan dibawa saat praktikum meliputi: jas laboratorium lengan panjang, masker, sandal, kaos kaki, handscoun, Atlas Anatomi dan buku catatan. Tas dan sepatu tidak diperkenankan dibawa ke laboratorium anatomi.
7. Mahasiswa harus menghormati dosen, petugas laboratorium dan asisten pengajar di laboratorium anatomi.
8. Mahasiswa harus berdoa sebelum dan sesudah memulai praktikum.
9. Mahasiswa tidak diperkenankan bersenda gurau sewaktu berada di dalam laboratorium atau waktu mengadakan kegiatan praktikum.
10. Mahasiswa dilarang makan, minum dan merokok di dalam laboratorium.
11. Mahasiswa tidak diperkenankan meninggalkan ruang laboratorium sebelum acara praktikum berakhir kecuali seizin dosen atau petugas laboratorium.
12. Menggunakan dan menjaga peralatan laboratorium dengan baik. Apabila merusak atau memecahkan peralatan maka diwajibkan mengganti dengan jenis, merk dan kualitas yang sama.
13. Mahasiswa wajib mempelajari materi praktikum dengan baik sebelum melakukan kegiatan praktikum.
14. Setelah selesai praktikum, alat-alat harus dikembalikan ke tempat semula atau kepada petugas dalam keadaan utuh seperti semula.
15. Membuang sampah pada tempat yang tersedia
16. Sebelum meninggalkan laboratorium mahasiswa wajib merapikan kembali kursi-kursi dan meja praktikum. Setiap meja dan kursi harus dalam keadaan bersih, kran air tertutup dan kontak listrik harus dimatikan.
17. Mahasiswa masuk dan meninggalkan ruang laboratorium dengan tertib.
18. Mahasiswa yang melanggar peraturan akan diberi sanksi.

TATA TERTIB PRAKTIKUM FARMAKOLOGI DASAR DAN TOKSIKOLOGI

1. Mahasiswa wajib hadir 10 menit sebelum praktikum dimulai, keterlambatan lebih dari 15 menit setelah praktikum dimulai **TIDAK DIPERKENANKAN** mengikuti praktikum pada hari itu dan **TIDAK ADA REMIDIAL**.
2. Mahasiswa **WAJIB** mengenakan jas praktikum dan memakai masker, membawa lap tangan, lap meja dan tissue.
3. Sebelum praktikum dimulai, mahasiswa **WAJIB** menyerahkan laporan resmi dari praktikum sebelumnya dan laporan sementara untuk praktikum yang akan dilakukan. Apabila tidak menyerahkan laporan maka mahasiswa **TIDAK DIPERBOLEHKAN** mengikuti praktikum.
4. Selama praktikum mahasiswa tidak diperbolehkan makan, minum, foto-foto, merokok dan bersendau gurau serta menggunakan handphone di dalam laboratorium.
5. Menggunakan dan menjaga peralatan laboratorium dengan baik. Apabila merusak atau memecahkan peralatan maka diwajibkan mengganti dengan jenis, merk dan kualitas yang sama.
6. Melaporkan hasil percobaan kepada dosen jaga dengan format hasil praktikum yang telah disediakan, pada hari yang sama setelah praktikum selesai.
7. Menyusun laporan resmi dan diserahkan pada saat praktikum berikutnya

KOMPONEN NILAI

- Laporan : 40%
- Tes Menyuntik : 10%
- Pre test : 20%
- UTS : 15%
- UAS : 15%

TUGAS PENDAHULUAN PRAKTIKUM ANATOMI

- Laporan dibuat per individu
- Ditulis tangan pada kertas double folio
- Tugas Pendahuluan berisi teori/ materi yang akan dibahas saat praktikum, diwajibkan melampirkan gambar berwarna beserta keterangannya. Gambar harus tulis tangan dan tidak boleh hasil print. Mahasiswa yang tidak membuat Tugas Pendahuluan, tidak diperbolehkan mengikuti praktikum anatomi.
- Diserahkan pada saat hari praktikum dan dikumpulkan sebelum praktikum dimulai

LAPORAN PRAKTIKUM FARMAKOLOGI DASAR DAN TOKSIKOLOGI

- Laporan dibuat per individu
- Ditulis tangan pada kertas double folio
- Diserahkan pada saat akan melakukan praktikum berikutnya

FORMAT LAPORAN PRAKTIKUM ANATOMI

PRAKTIKUM ANATOMI	
..... (Judul).....	
Tanggal Praktikum	:
Kelas/Kelompok	:
Nama	:
NPM	:
Prodi	:
I.	Tujuan Praktikum
II.	Teori Praktikum
a.	Anatomi Sistem Saraf
b.	Anatomi Sistem Pancaindera
c.	Anatomi Sistem Musculoskeletal
III.	Pustaka

FORMAT LAPORAN PRAKTIKUM FARMAKOLOGI DASAR DAN TOKSIKOLOGI

PRAKTIKUM	
..... (Judul).....	
Tanggal Praktikum	:
Kelas/Kelompok	:
Nama	:
NPM	:
I.	Tujuan Percobaan
II.	Teori Percobaan
III.	Bahan & Alat
IV.	Cara Kerja
V.	Data Pengamatan
VI.	Analisis Data
VII.	Pembahasan
VIII.	Kesimpulan
IX.	Pustaka

ETIKA PENGGUNAAN HEWAN COBA

Menurut Deklarasi Helsinki oleh World Medical Association 1975 dan Proposed International Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects 1982, suatu zat atau alat baru tidak boleh digunakan untuk pertama kali pada manusia, kecuali bila sebelumnya telah diuji pada hewan dan diperoleh kesan cukup mengenai keamanannya.

Hasil lokakarya Pembentukan Panitia Etik Penelitian Kedokteran tahun 1986 menghasilkan prinsip dasar dalam penelitian sebagai berikut :

1. Pengembangan pengetahuan baru untuk terus memperbaiki kesehatan dan kesejahteraan manusia dan hewan memerlukan percobaan pada hewan
2. Dimana mungkin berbagai metode seperti analisis statistik, model matematika, simulasi komputer dan sistem biologi in vitro harus digunakan untuk melengkapi percobaan pada hewan dan mengurangi jumlah hewan yang digunakan
3. Harus dengan pertimbangan mengenai relevansinya terhadap kesehatan manusia atau hewan
4. Jumlah hewan yang digunakan tidak boleh melebihi jumlah minimal yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang sah
5. Digunakan spesies dari tingkat filogeni serendah mungkin yang masih memenuhi syarat
6. Harus memandang hewan sebagai makhluk yang mempunyai perasaan, menghindari atau mengurangi sampai sesedikit mungkin rasa tidak enak, penderitaan atau nyeri
7. Menganggap bahwa prosedur yang dapat menimbulkan nyeri fisik pada manusia dapat menimbulkan rasa nyeri yang sederajat pada hewan vertebrata
8. Bila percobaan menimbulkan sesuatu yang lebih dari sekedar rasa nyeri atau penderitaan ringan dalam waktu singkat, harus dilakukan dengan premedikasi yang memadai dan di bawah anesthesia yang sesuai dengan praktek kedokteran hewan yang lazim. Nyeri pasca bedah harus dicegah atau dikurangi dengan analgetika.
9. Pembedahan atau tindakan yang menyakitkan tidak boleh dilakukan pada hewan yang hanya sekedar dilumpuhkan dengan pelemas otot (muscle relaxant) saja tetapi tidak dianestesi
10. Pada akhir percobaan, hewan yang akan menanggung nyeri hebat atau kronik, penderitaan, rasa tidak enak, cacat yang tidak dapat disembuhkan, harus dibunuh dengan cara yang layak

11. Prosedur yang dapat menimbulkan nyeri atau penderitaan pada hewan yang tidak dianastesi tidak boleh digunakan untuk pendidikan atau demonstrasi, kecuali dengan anastesi.

PERCOBAAN I

ANATOMI SISTEM SARAF, PANCAINDERA DAN MUSKULOSKELETAL

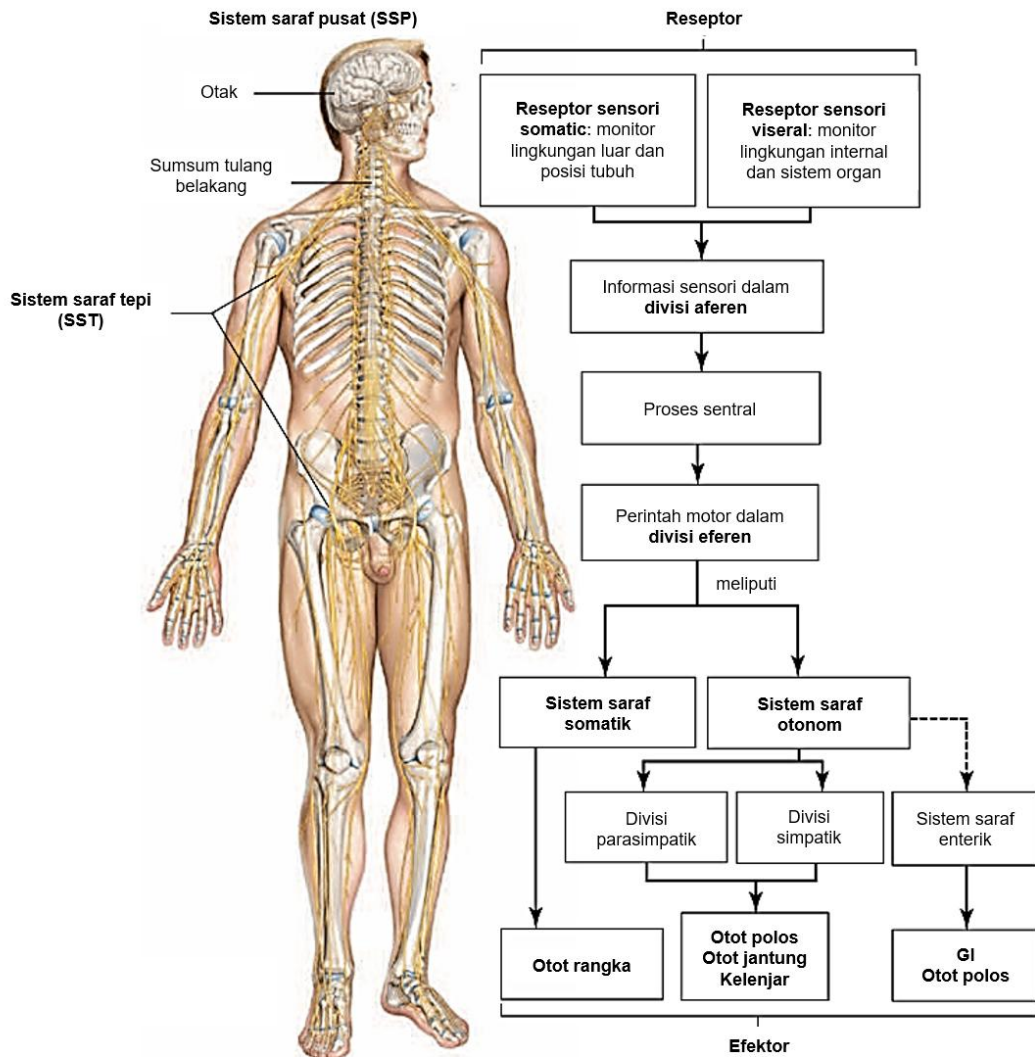
I. Tujuan Percobaan

Mempelajari anatomi sistem saraf, pancaindera (kulit, mata, hidung, lidah dan telinga) serta muskuloskeletal pada manusia.

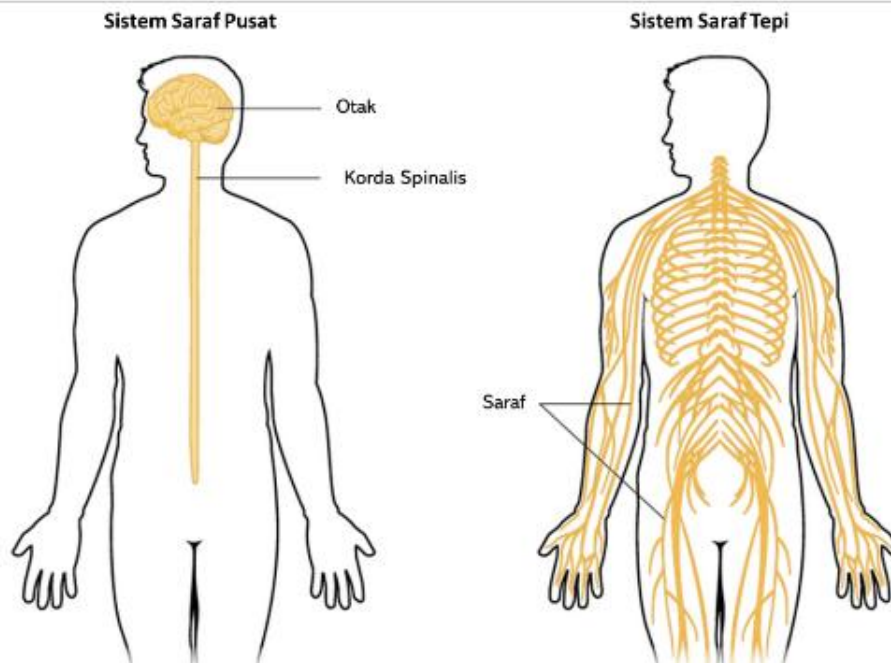
II. Dasar Teori

A. ANATOMI SISTEM SARAF

Sistem saraf terbagi menjadi sistem saraf pusat (SSP: otak dan sumsum tulang belakang) dan perifer/ sistem saraf tepi (SST: saraf kranial, spinal, dan saraf otonom), dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Otak terdiri atas otak besar (cerebrum), otak kecil (cerebellum), dan batang otak (midbrain, pons, medulla oblongata). Anatomi otak dapat dilihat pada Gambar 3. Korteks serebral memiliki area fungsional (motorik, sensorik, asosiatif). Struktur mikroskopis mencakup neuron dan sel glia (astrocyte, oligodendrosit, mikroglia).

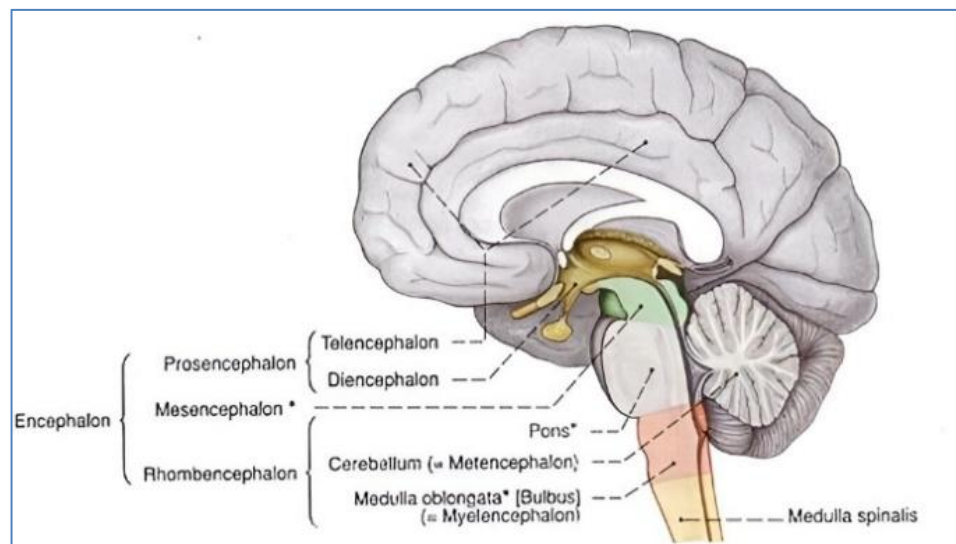
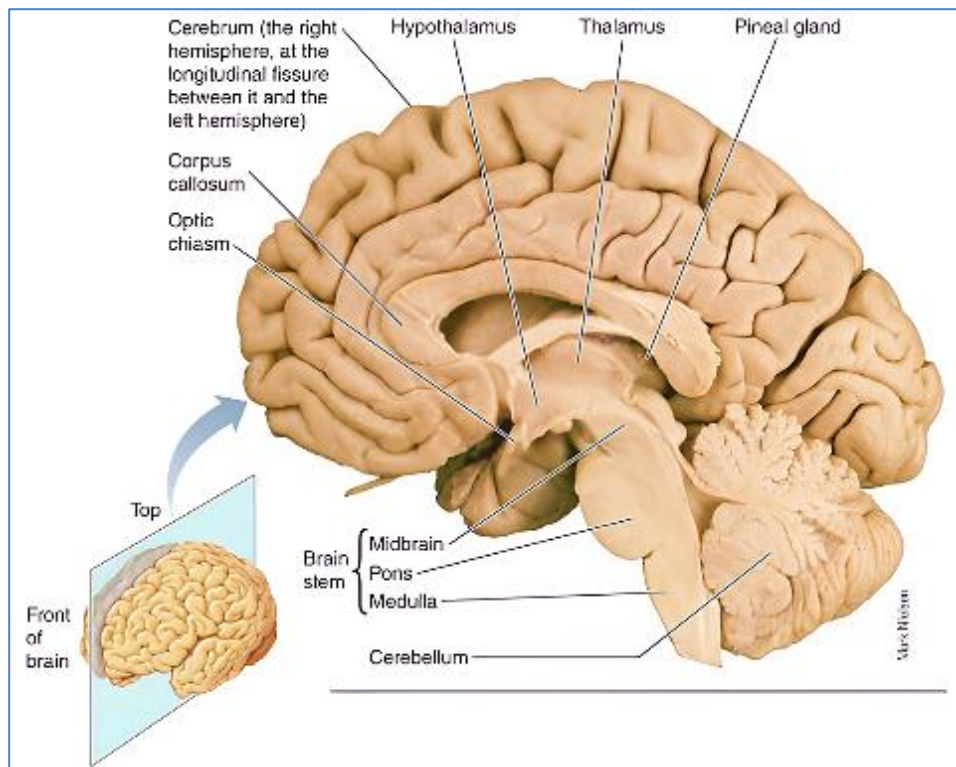


Gambar 1. Gambaran umum sistem saraf



Gambar 2. Klasifikasi Sistem Saraf

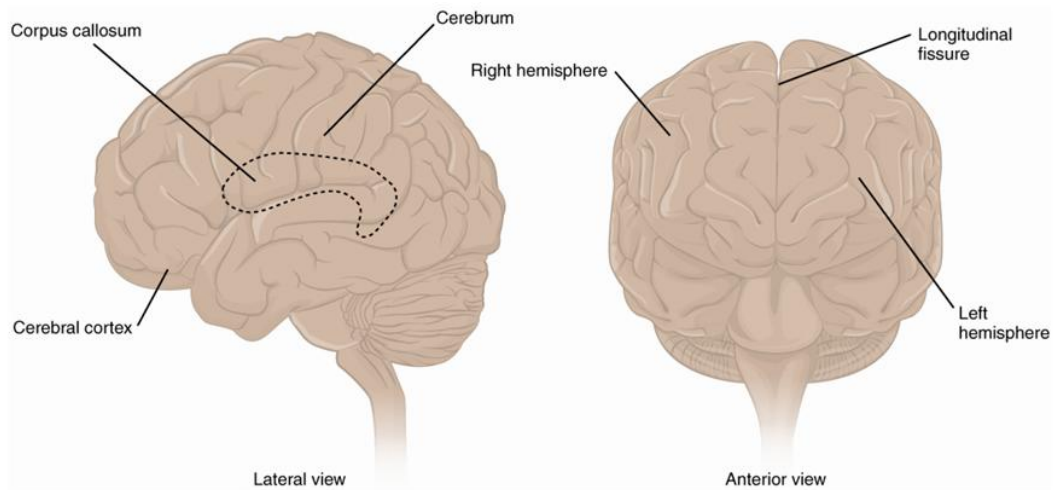
1. Sistem Saraf Pusat



Gambar 3. Gambaran Susunan Saraf Pusat (Putz dan Pabst, 2003)

➤ Cerebrum atau Otak Besar

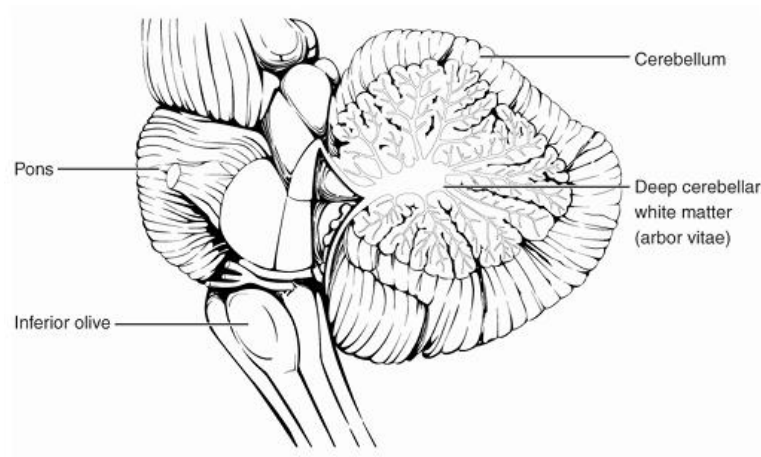
Cerebrum merupakan bagian yang terluas dan paling besar dari otak, mengisi penuh bagian depan atas rongga tengkorak. Cerebrum terbagi menjadi dua belahan, yaitu hemisfer kiri dan kanan. Kedua hemisfer dihubungkan oleh korpus kalosum. Pada masing-masing hemisfer terdiri dari lapisan luar tipis, yaitu lapisan luar berwarna abu-abu yang disebut korteks cerebrum atau substansia grasia; dan substansia alba (berwarna putih).



Gambar 4. Cerebrum (Bets et al., 2017)

➤ Cerebellum atau Otak Kecil

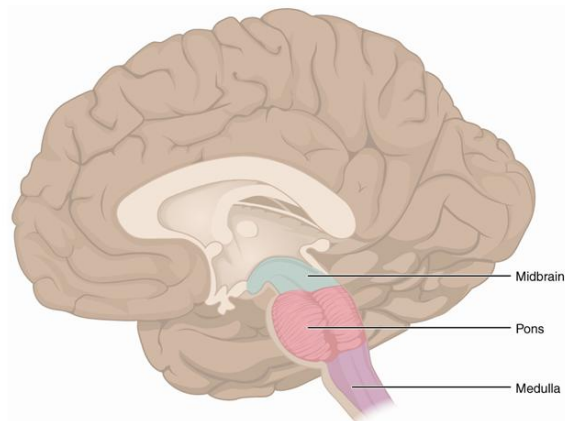
Cerebellum atau otak kecil, ditutupi oleh gyrus dan sulcus seperti cerebrum, dan terlihat seperti versi miniature dari bagian otak tersebut. Cerebellum terletak dalam fosa cranial posterior, dibawah tentorium cerebellum bagian posterior dari pons varoli dan medulla oblongata. Berat cerebellum sekitar 150 gr dari berat otak seluruhnya.



Gambar 5. Anatomi cerebellum

➤ Batang Otak (midbrain, pons, medulla oblongata)

Batang otak terdiri atas otak tengah, pons, medula oblongata, dapat dilihat pada Gambar. Struktur ini muncul dari permukaan ventral otak depan sebagai kerucut yang meruncing yang menghubungkan otak ke sumsum tulang belakang.



Gambar 6. Anatomi batang otak (Bets et al., 2017)

Sistem saraf perifer/ tepi (SST) tidak sesempit SSP. Beberapa struktur perifer bergabung ke dalam organ tubuh lainnya, misalnya saraf yang bergabung ke dalam sistem pencernaan dikenal sebagai sistem saraf enterik.

2. Sistem Saraf Tepi

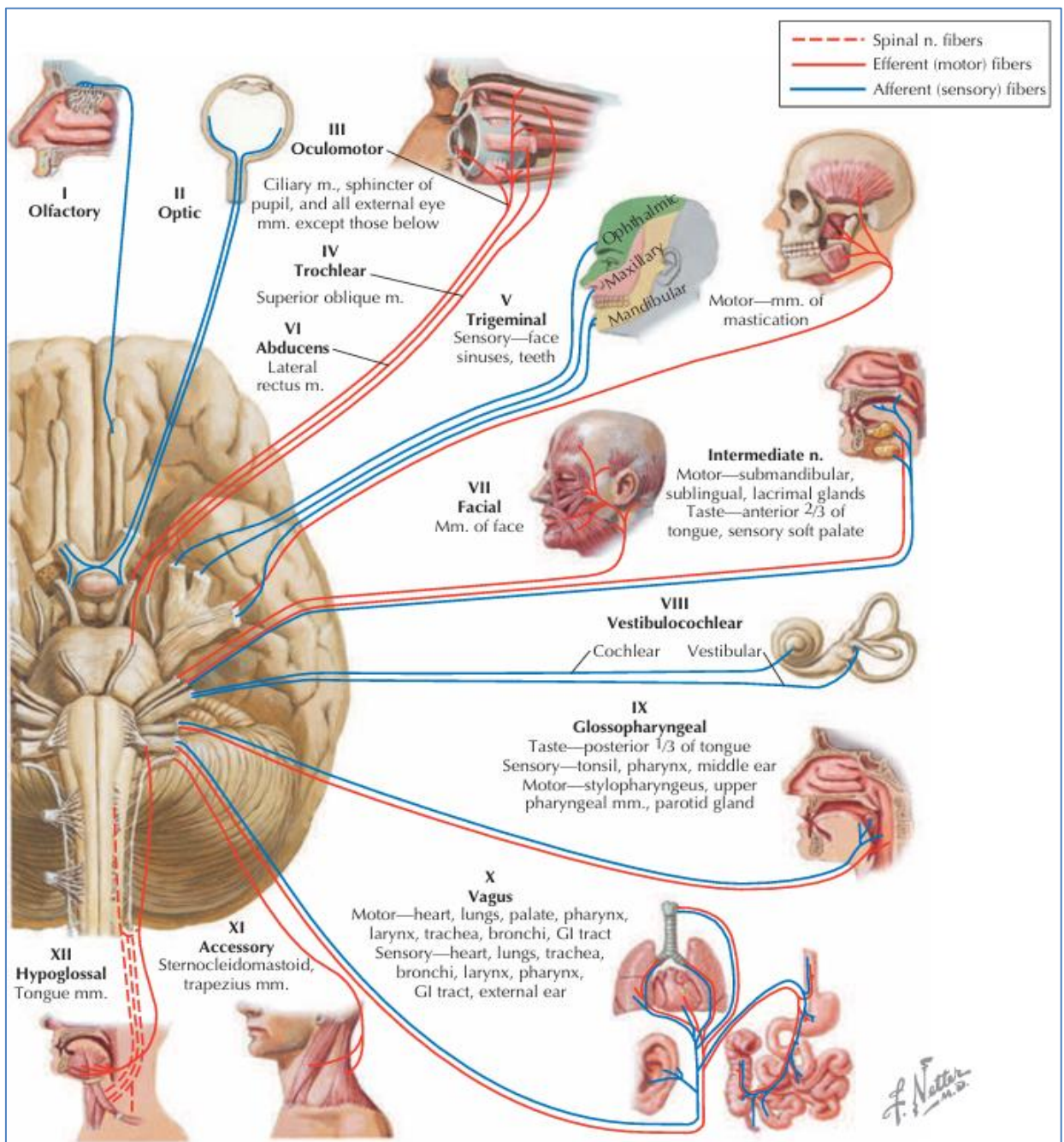
Sistem saraf tepi terdiri atas 12 pasang saraf kranial yang berhulu pada area otak atau batang otak, serta 31 pasang saraf spinal yang berpangkal pada medula spinalis (sumsum tulang belakang).

Tabel 1. Saraf Kranial (Hansen et al., 2019)

Saraf Kranial	Komponen Fungsional*
I Olfaktorius	SVA: Indra khusus penciuman (penghidu)
II Optikus	SSA: Indra khusus penglihatan
III Okulomotorius	GSE: Motorik untuk otot ekstraokular GVE: Parasimpatis untuk otot polos pada mata
IV Troklearis	GSE: Motorik untuk satu otot ekstraokular
V Trigeminalis	GSA: Sensorik untuk wajah, orbita, hidung, dan lidah anterior SVE: Motorik untuk otot rangka
VI Abdusens	GSE: Motorik untuk satu otot ekstraokular
VII Fasialis	GSA: Sensorik untuk kulit telinga SVA: Indra khusus pengecapan pada lidah anterior GVE: Motorik untuk kelenjar (saliva, hidung, lakrimal) SVE: Motorik untuk otot wajah
VIII Vestibulokoklearis	SSA: Indra khusus pendengaran dan keseimbangan
IX Glosofaringeus	GSA: Sensorik untuk lidah posterior SVA: Indra khusus pengecapan pada lidah posterior GVA: Sensorik dari telinga tengah, faring, badan karotis, dan sinus GVE: Motorik untuk kelenjar parotis SVE: Motorik untuk satu otot faring
X Vagus	GSA: Sensorik telinga luar

	SVA: Indra khusus pengecapan pada epiglottis GVA: Sensorik dari faring, laring, dan organ torakoabdominal GVE: Motorik untuk organ torakoabdominal SVE: Motorik untuk otot faring dan laring
XI Aksesorius	GSE: Motorik untuk dua otot
XII Hipoglosus	GSE: Motorik untuk otot lidah

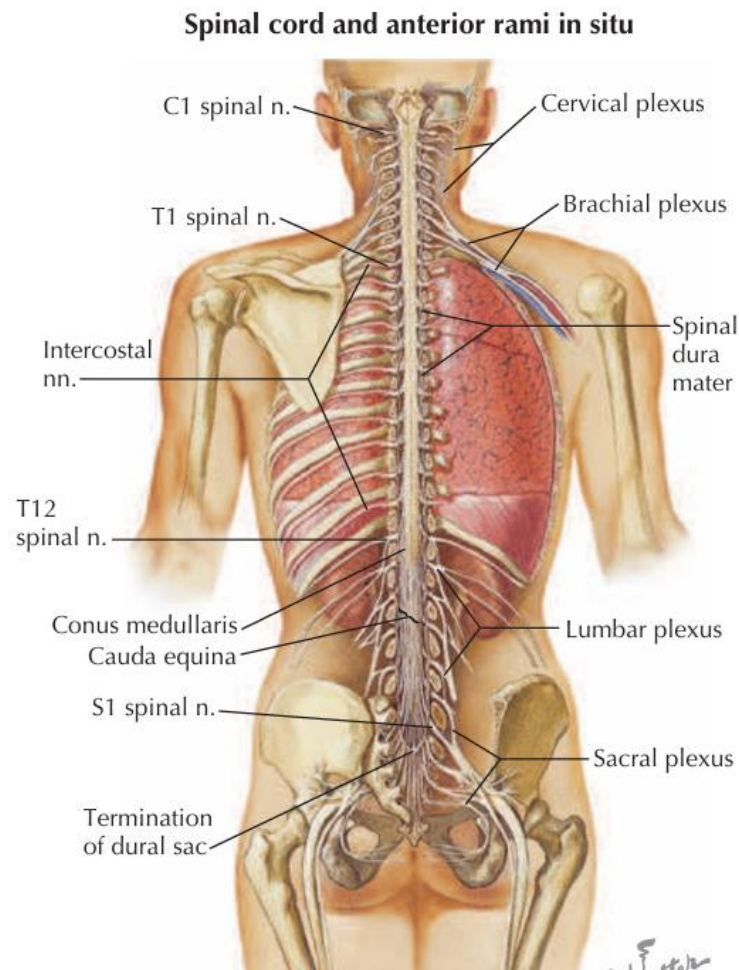
Keterangan: SVA (Special Visceral Afferent), SSA (Special Somatic Afferent), GSE (General Somatic Efferent), GVE (General Visceral Efferent), GSA (General Somatic Afferent), SVE (Special Visceral Efferent), GVA (General Visceral Afferent).



Gambar 7. Gambaran Umum Saraf Kranial (Hansen et al., 2019)

Medula spinalis menghasilkan 31 pasang saraf spinal, yang selanjutnya bercabang menjadi dua cabang utama yang disebut ramus, yaitu sebagai berikut (dapat dilihat pada Gambar: Gambaran Umum Korda Spinal dan Saraf Spinal):

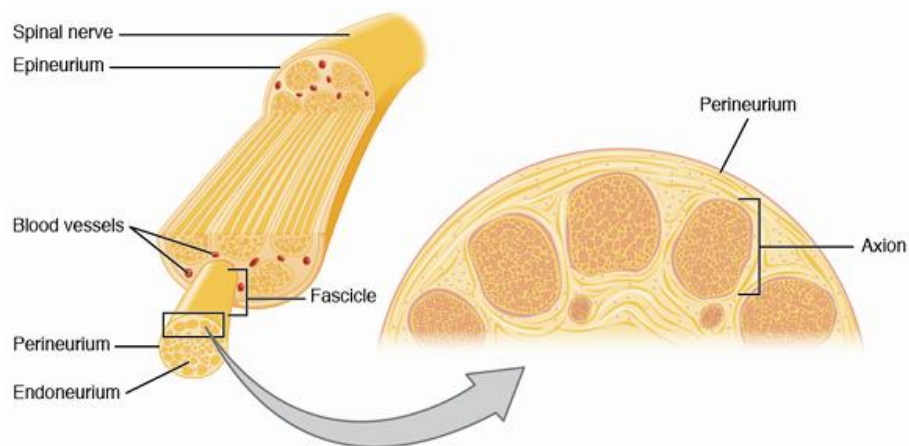
- Ramus posterior (dorsal) merupakan cabang saraf yang berukuran lebih kecil dan berjalan ke arah dorsal menuju punggung. Cabang ini berfungsi menghantarkan impuls motorik dan sensorik dari dan menuju kulit serta otot rangka intrinsik pada punggung, seperti otot erector spinae dan transversospinales.
- Ramus anterior (ventral) merupakan cabang saraf yang berukuran lebih besar dan berjalan ke arah lateral serta ventral. Cabang ini mempersarafi sebagian besar kulit dan otot rangka lainnya yang terdapat pada leher, anggota gerak, serta batang tubuh.



Gambar 8. Gambaran Umum Korda Spinal (Sumsum Tulang Belakang) dan Saraf Spinal (Hansen et al., 2019)

Sel saraf

Saraf memiliki jaringan ikat yang melapisi strukturnya, serta pembuluh darah yang memasok nutrisi ke jaringan tersebut. Permukaan luar saraf adalah lapisan jaringan ikat berserat yang disebut epineurium. Di dalam saraf, akson selanjutnya dikelompokkan menjadi fasikel, yang masing-masing dikelilingi oleh lapisan jaringan ikat berseratnya sendiri yang disebut perineurium. Akhirnya, akson individual dikelilingi oleh jaringan ikat longgar yang disebut endoneurium. Ketiga lapisan ini mirip dengan selubung jaringan ikat untuk otot. Saraf dikaitkan dengan wilayah SSP tempat mereka terhubung, baik sebagai saraf kranial yang terhubung ke otak atau saraf spinal yang terhubung ke sumsum tulang belakang.

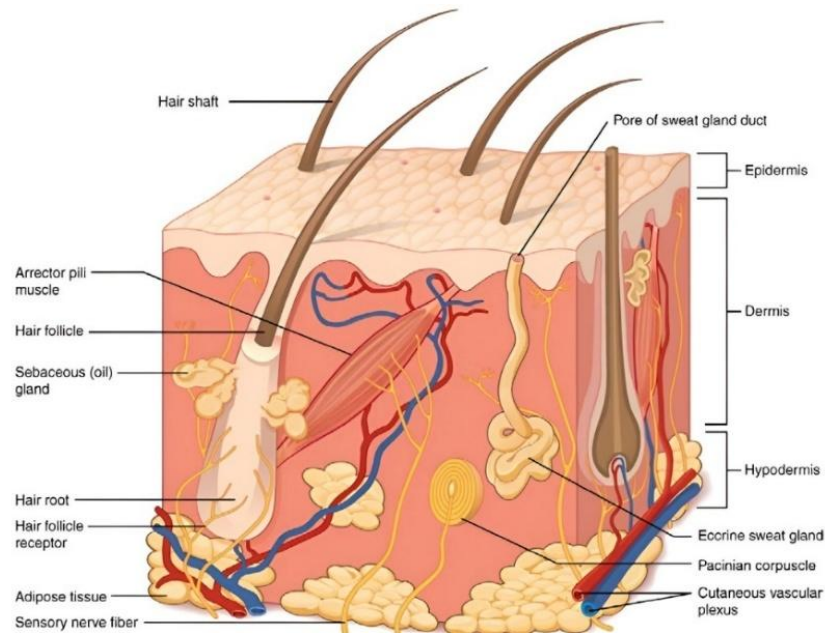


Gambar 9. Struktur saraf

B. ANATOMI SISTEM PANCAINDERA

1. Kulit

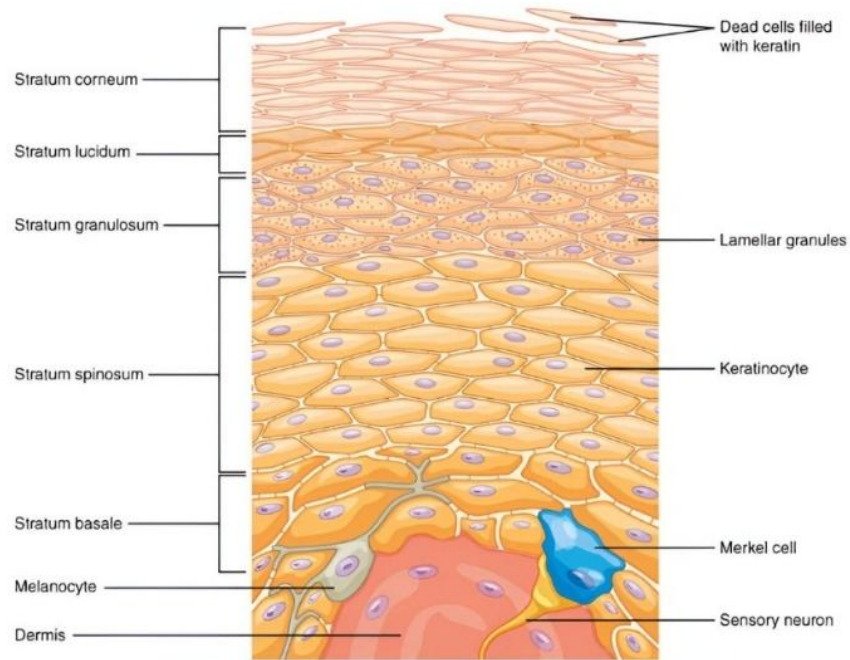
Kulit merupakan pembungkus yang elastis yang terletak paling luar melindungi tubuh dari pengaruh lingkungan hidup manusia dan merupakan alat tubuh yang terberat dan terluas ukurannya, yaitu kira-kira 15% dari berat tubuh dan luas kulit orang dewasa 1,5 m². Kulit sangat kompleks, elastis dan sensitif, serta sangat bervariasi pada keadaan iklim, umur, seks, ras, dan juga bergantung pada lokasi tubuh serta memiliki variasi mengenai lembut, tipis, dan tebalnya. Rata-rata tebal kulit 1-2 mm. Paling tebal (6 mm) terdapat di telapak tangan dan kaki dan paling tipis (0,5 mm) terdapat di penis. Kulit terdiri dari dua lapisan utama yaitu epidermis, yang terbuat dari sel-sel epitel yang tersusun rapat; dan dermis, yang terbuat dari jaringan ikat padat dan tidak beraturan yang menampung pembuluh darah, folikel rambut, kelenjar keringat, dan struktur lainnya. Dibawah dermis terdapat hipodermis, yang sebagian besar terdiri dari jaringan ikat longgar dan jaringan lemak.



Gambar 10. Lapisan kulit (Bets et al., 2017)

Epidermis

Epidermis tersusun dari epitel skuamosa berlapis yang mengalami keratinisasi. Epidermis terdiri dari empat atau lima lapisan sel epitel, tergantung pada lokasinya didalam tubuh. Epidermis tidak memiliki pembuluh darah didalamnya (yaitu avascular). Kulit yang memiliki empat lapisan sel disebut sebagai “kulit tipis”. Dari lapisan terdalam hingga terluar, meliputi stratum basale, stratum spinosum, stratum granulosum dan stratum corneum. “Kulit tebal” hanya ditemukan pada telapak tangan dan telapak kaki. Kulit tebal memiliki lapisan kelima, yang disebut stratum lucidum, yang terletak diantara stratum corneum dan stratum granulosum.



Gambar 11. Lapisan epidermis

Dermis

Dermis terbuat dari dua lapisan yaitu lapisan papiler dan lapisan retikuler. Keduanya terbuat dari jaringan ikat dengan serat kolagen yang membentang dari satu ke yang lain. Dermis mengandung pembuluh darah dan limfa, saraf dan struktur lainnya seperti folikel rambut dan kelenjar keringat.

Hipodermis

Hipodermis (disebut juga lapisan subkutan atau fascia superfisial) adalah lapisan yang terletak tepat di bawah dermis dan berfungsi untuk menghubungkan kulit dengan fascia (jaringan fibrosa) dibawahnya pada tulang dan otot. Hipodermis tersusun atas jaringan ikat areolar yang longgar dan memiliki vaskularisasi yang baik; serta jaringan adiposa, yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan lemak dan memberikan isolasi serta bantalan bagi sistem integumen.

2. Mata

Bola mata orang dewasa memiliki diameter sekitar 2,5 sentimeter, dan hanya sekitar seperenam bagiannya yang terekspos ke udara luar. Bagian lainnya terlindungi oleh rongga orbita tempat bola mata berada. Organ mata manusia dikategorikan

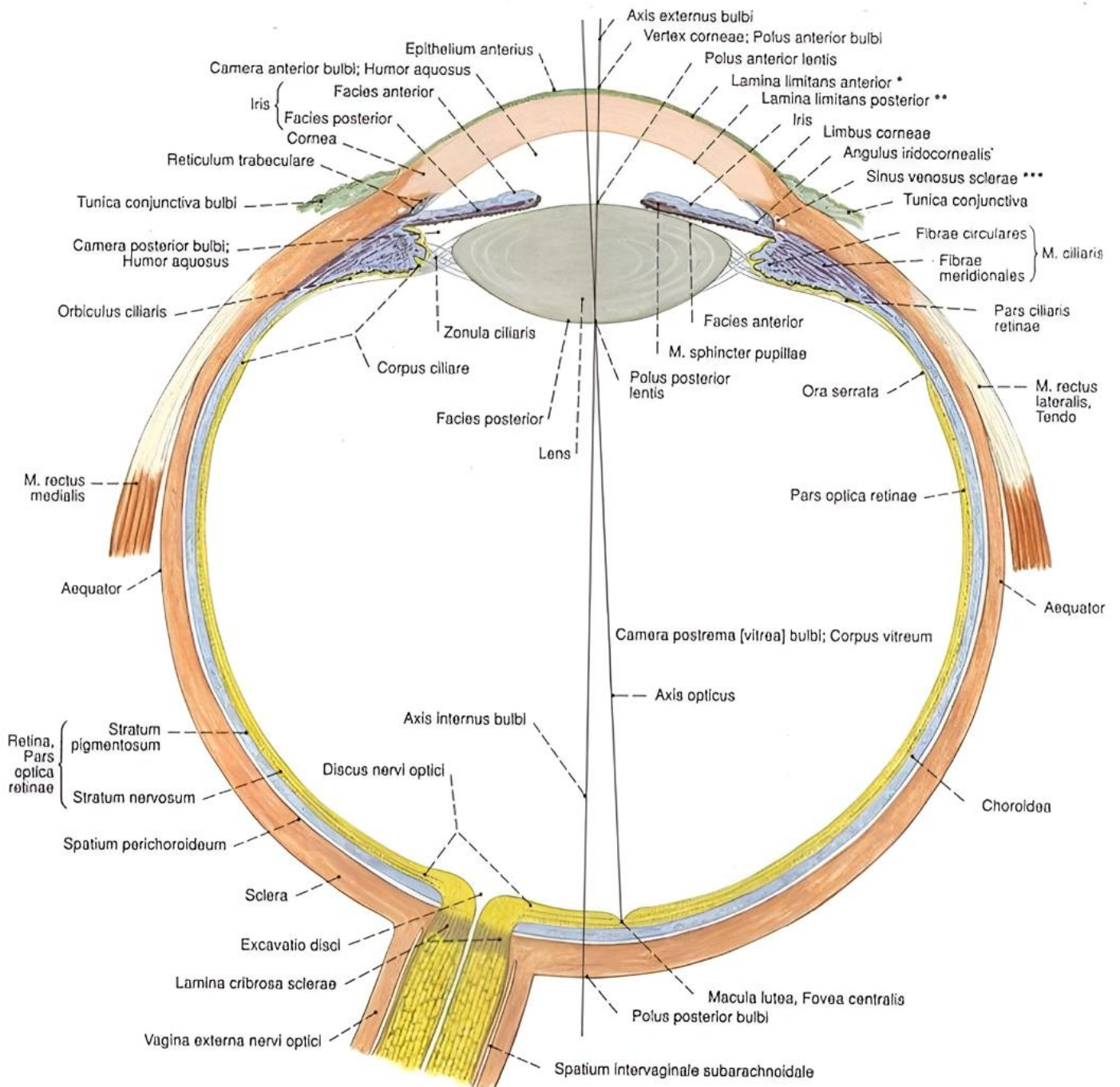
menjadi dua bagian, yaitu organ bagian luar dan organ bagian dalam. Bagian-bagian mata yang dapat terlihat dari luar (eksternal) meliputi beberapa struktur berikut:

- **Sklera:** merupakan bagian mata yang tampak berwarna putih. Struktur ini tersusun atas jaringan ikat yang padat dan berfungsi melindungi bagian dalam bola mata.
- **Konjungtiva:** adalah lapisan yang melapisi sklera dan tersusun atas epitel pipih berlapis. Lapisan ini berperan menjaga kelembapan dan kejernihan mata serta memberikan pelumasan melalui sekresi mukus dan air mata.
- **Kornea:** merupakan bagian transparan yang terletak di bagian depan mata dan menutupi pupil serta iris. Fungsi utama kornea adalah membiaskan cahaya yang masuk ke mata bersama dengan lensa.
- **Iris:** adalah bagian mata yang berpigmen dan memberikan warna pada mata sehingga dapat terlihat dari luar. Fungsi utamanya adalah mengatur diameter pupil sesuai dengan intensitas cahaya yang masuk.
- **Pupil:** merupakan lubang kecil yang terletak di bagian tengah iris. Struktur ini berfungsi sebagai jalan masuk cahaya ke dalam mata sehingga cahaya dapat difokuskan ke retina.

Komponen internal pada organ mata meliputi beberapa bagian berikut:

- **Lensa:** merupakan struktur transparan berbentuk bikonveks yang terdapat pada mata. Lensa terhubung dengan badan siliaris melalui ligamen. Bersama dengan kornea, lensa berfungsi membiaskan cahaya sehingga dapat difokuskan tepat pada retina.
- **Retina:** adalah lapisan paling dalam pada mata yang peka terhadap cahaya dan berfungsi serupa dengan film pada kamera. Pada retina terdapat tiga lapisan sel saraf, yaitu sel ganglion, sel bipolar, dan sel fotoreseptor. Retina berperan mengubah rangsangan cahaya menjadi impuls saraf listrik yang kemudian diteruskan ke otak untuk menghasilkan persepsi penglihatan.
- **Saraf optik:** terletak di bagian posterior mata. Struktur ini berfungsi menghantarkan impuls saraf yang berasal dari retina menuju otak sehingga informasi visual dapat diproses dan diinterpretasikan.
- **Humor aqueus:** merupakan cairan jernih yang berada di antara kornea dan lensa. Cairan ini berfungsi memberikan nutrisi pada jaringan mata serta membantu mempertahankan tekanan dan bentuk bola mata.

- **Humor vitreus:** adalah zat transparan menyerupai gel yang terletak di antara lensa dan retina. Zat ini sebagian besar tersusun atas air (sekitar 99%), serta mengandung kolagen dan protein. Fungsi utama humor vitreus adalah melindungi struktur mata serta mempertahankan bentuk bola mata agar tetap bulat.



Gambar 12. Bola Mata (Putz dan Pabst, 2003)

3. Hidung

Dapat dilihat pada Bab 2.

4. Lidah

Dapat dilihat pada Bab 2.

5. Telinga

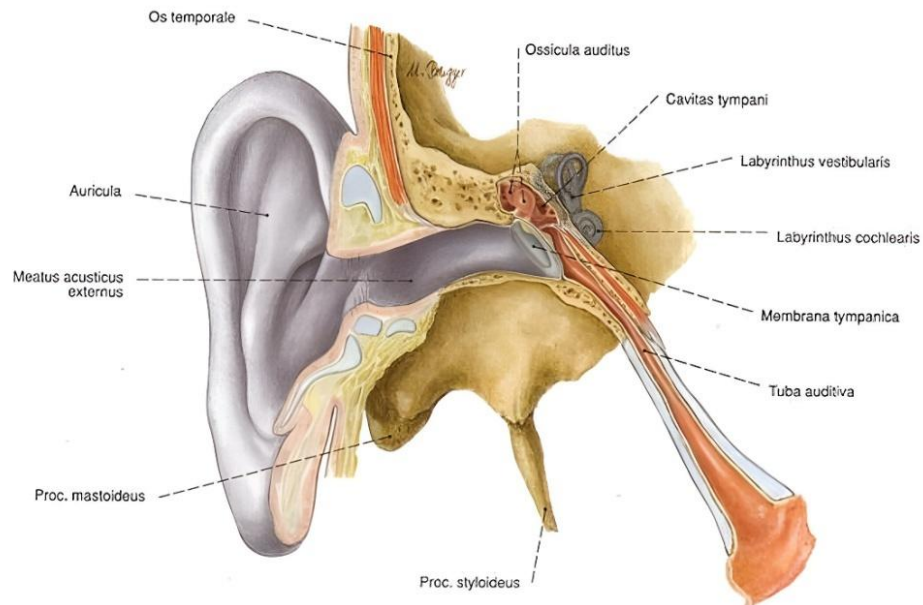
Telinga manusia terdiri atas tiga bagian utama, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Telinga luar berperan dalam menangkap gelombang bunyi, sedangkan telinga tengah berfungsi meneruskan getaran tersebut dari telinga luar menuju telinga dalam. Selanjutnya, reseptor yang terdapat di telinga dalam menerima rangsangan suara dan mengubahnya menjadi impuls saraf yang kemudian dikirim ke otak untuk diproses.

Telinga Luar

Telinga luar mencakup aurikula atau daun telinga (pinna), liang telinga (meatus auditorius eksternus), serta saluran telinga luar. Daun telinga berfungsi membantu mengarahkan gelombang suara masuk ke liang telinga hingga mencapai gendang telinga. Struktur telinga luar yang kompleks berperan penting dalam menangkap bunyi, terutama pada bagian liang telinga. Saluran ini tersusun dari tulang rawan yang dilapisi kulit tipis. Di dalamnya terdapat kelenjar yang menghasilkan zat seperti lilin yang disebut serumen atau kotoran telinga.

Telinga Tengah

Bagian telinga tengah meliputi gendang telinga dan tiga tulang pendengaran, yaitu tulang martil (malleus) yang melekat pada gendang telinga, tulang landasan (incus) yang terhubung erat melalui ligamen, serta tulang sanggurdi (stapes) yang berhubungan dengan jendela oval. Selain itu, terdapat muara tuba eustachius yang menghubungkan telinga tengah dengan faring. Getaran suara yang diterima gendang telinga akan diteruskan secara berurutan melalui ketiga tulang pendengaran tersebut hingga menuju telinga dalam.



Gambar 13. Telinga, Auris; liang pendengaran luar, rongga gendang telinga, trompet telinga (Putz dan Pabst, 2003)

Telinga Dalam

Telinga bagian dalam terletak didalam bagian berongga tulang temporal tengkorak. Bagian berongga ini terbagi menjadi tiga bagian, meliputi:


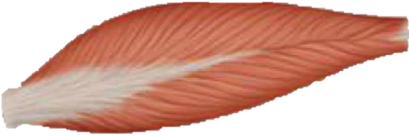


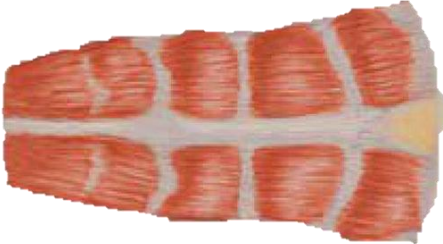
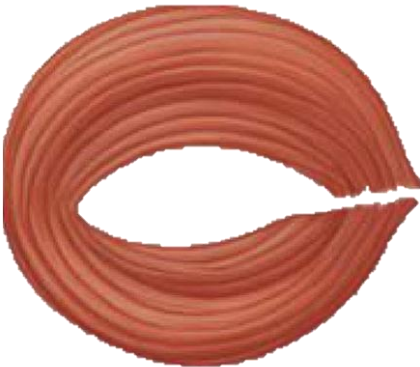
- a. Semisirkularis atau tiga saluran setengah lingkaran, terletak di kanal semisirkular
- b. Vestibulum → dua kantung, yang disebut utrikulus dan sakulus, terletak di vestibulum
- c. Koklea atau rumah siput

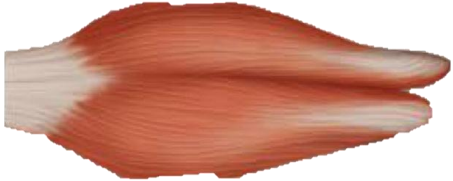
C. ANATOMI SISTEM MUSKULOSKELETAL

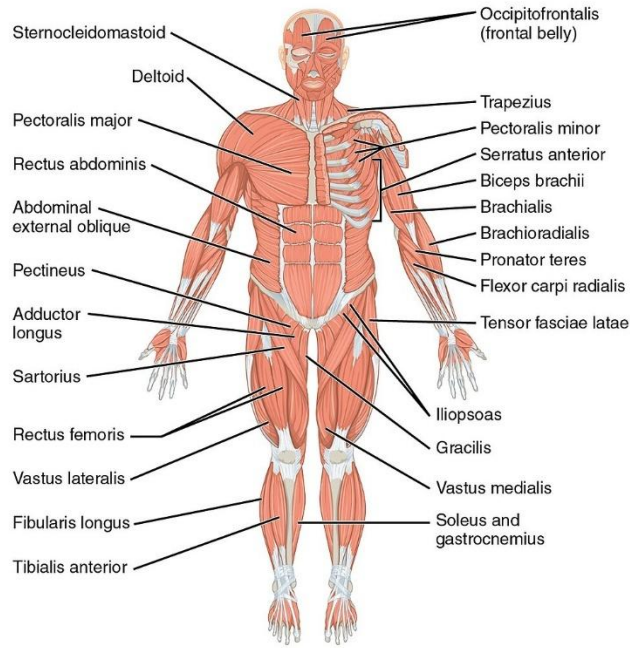
1) Otot Rangka

Secara makroskopis, sel otot rangka memiliki pola lurik (striated) dan bergabung membentuk otot rangka dengan berbagai bentuk serta ukuran. Otot rangka dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuknya, dapat dilihat pada **Tabel 2**. Setiap sel otot rangka tersusun atas banyak miofibril, yang di dalamnya terdapat miofilamen tebal dan tipis sebagai komponen utama yang berperan dalam proses kontraksi otot.

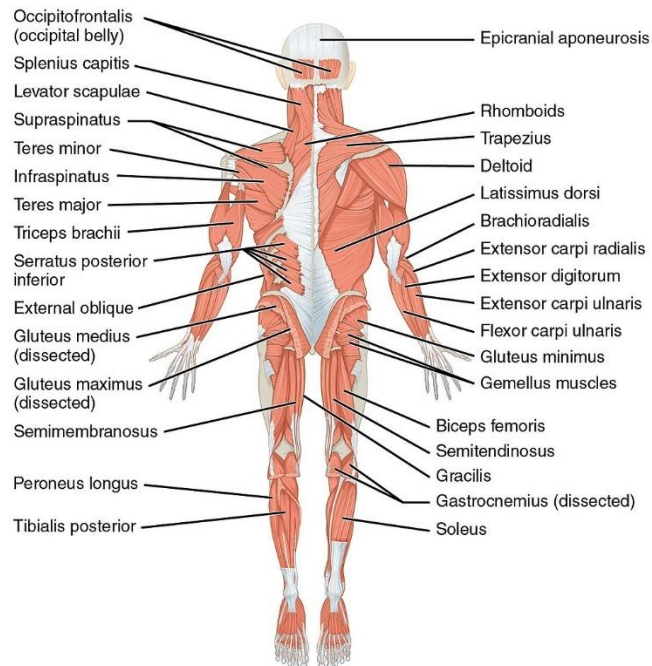
Tabel 2. Bentuk-bentuk Otot

Bentuk	Contoh Otot	
Otot pipih (<i>Flat muscle</i>)	Otot oblik eksternal pada abdomen	
Otot pennatus / menyirip (<i>Pennate muscle</i>)	Otot <i>rectus femoris</i>	
Otot fusiform / gelendong (<i>Fusiform muscle</i>)	Otot <i>biceps brachii</i>	
Otot berkepala banyak (<i>Multiheaded muscle</i>)	Otot <i>triceps brachii</i>	
Otot konvergen (<i>Convergent muscle</i>)	Otot <i>pectoralis major</i>	
Otot segi empat (<i>Quadrata muscle</i>)	Otot <i>rectus abdominis</i>	
Otot melingkar (<i>Circular muscle</i>)	Otot <i>orbicularis oculi</i>	

<p>Otot multi-perut (<i>Multibellied muscle</i>)</p>	<p>Otot <i>gastrocnemius</i></p>	
--	----------------------------------	--



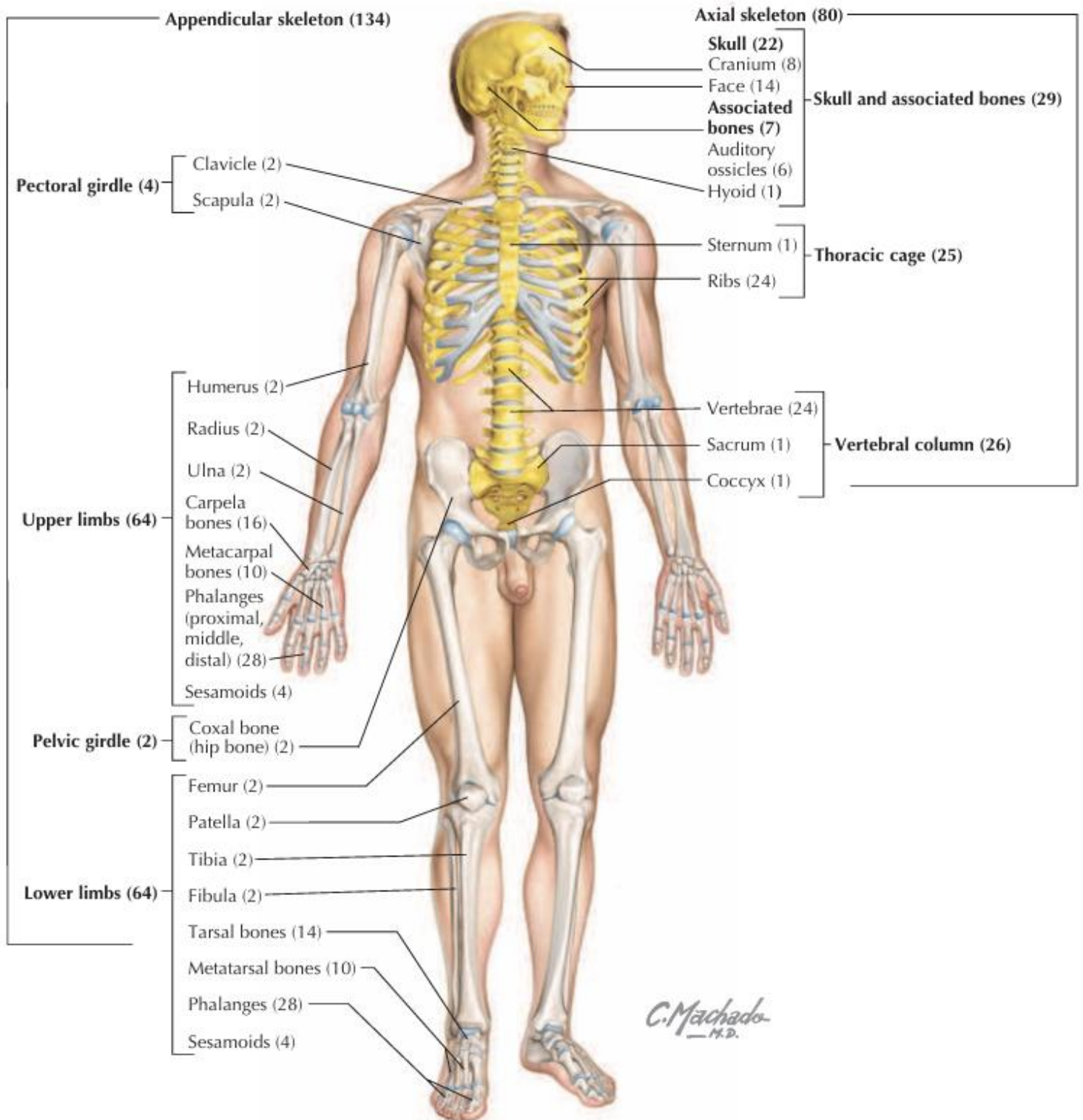
Major muscles of the body.
Right side: superficial; left side: deep (anterior view)



Major muscles of the body.
Right side: superficial; left side: deep (posterior view)

Gambar 14. Otot Tubuh Manusia

2) Tulang



Gambar 15. Kerangka Manusia (Hansen et al., 2019)

Manusia terlahir dengan 300 tulang. Namun seiring dengan bertambahnya usia, beberapa tulang menyatu, sehingga saat dewasa menjadi terdapat 206 tulang di dalam tubuh manusia. Kerangka manusia secara umum dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

1) Axial Skeleton (Kerangka Aksial) – 80 tulang

Kerangka aksial adalah tulang yang berada di sumbu utama tubuh (kepala dan badan). Fungsinya terutama untuk melindungi organ vital seperti otak, jantung, dan paru-paru. Bagian-bagiannya meliputi:

- Skull / Tengkorak (22 tulang)
 - Cranium / tempurung kepala (8)
 - Face / tulang wajah (14)
- Associated bones (7 tulang)
 - Auditory ossicles / tulang pendengaran (6)
 - Hyoid / tulang lidah (1)
- Thoracic cage / Rongga dada (25 tulang)
 - Sternum / tulang dada (1)
 - Ribs / tulang rusuk (24)
- Vertebral column / Tulang belakang (26 tulang)
 - Vertebrae (24)
 - Sacrum (1)
 - Coccyx / tulang ekor (1)

2) Appendicular Skeleton (Kerangka Apendikular) – 134 tulang

Kerangka apendikular adalah tulang yang berfungsi untuk pergerakan tubuh, yaitu tulang pada lengan dan kaki serta penghubungnya. Bagian-bagiannya meliputi:

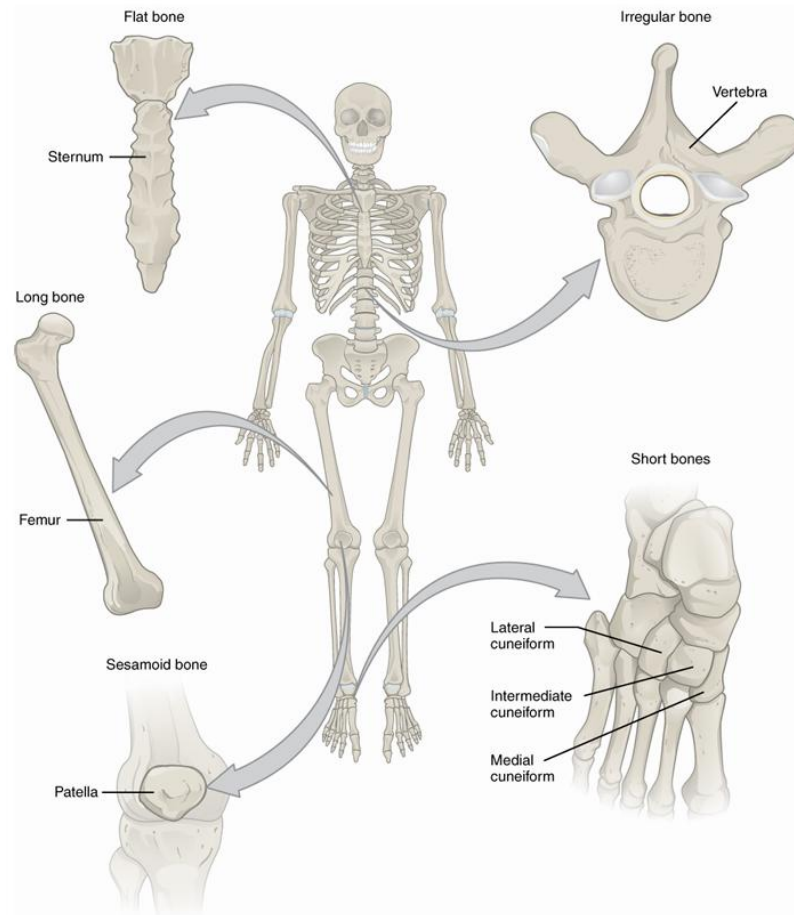
- Pectoral girdle (Gelang bahu) – 4 tulang
 - Clavicle / tulang selangka (2)
 - Scapula / tulang belikat (2)
- Upper limbs (Anggota gerak atas) – 64 tulang
 - Humerus (2)
 - Radius (2)
 - Ulna (2)
 - Carpal / tulang pergelangan tangan (16)
 - Metacarpal / tulang telapak tangan (10)
 - Phalanges / tulang jari tangan (28)
 - Sesamoids (4)

- Pelvic girdle (Gelang panggul) – 2 tulang
 - Coxal / tulang panggul (2)
- Lower limbs (Anggota gerak bawah) – 64 tulang
 - Femur / tulang paha (2)
 - Patella / tempurung lutut (2)
 - Tibia (2)
 - Fibula (2)
 - Tarsal / tulang pergelangan kaki (14)
 - Metatarsal (10)
 - Phalanges / jari kaki (28)
 - Sesamoids (4)

206 tulang yang membentuk kerangka orang dewasa juga dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan bentuknya. Bentuk dan fungsinya saling terkait sehingga setiap bentuk tulang dalam kategori tersebut memiliki fungsi yang berbeda.

Tabel 3. Klasifikasi Tulang

Klasifikasi Tulang	Ciri-ciri	Fungsi	Contoh
Tulang Panjang (<i>Long bones</i>)	Bentuk seperti silinder, lebih panjang daripada lebarnya	Sebagai pengungkit (membantu pergerakan)	Femur, tibia, fibula, metatarsal, humerus, ulna, radius, metakarpal, falang
Tulang Pendek (<i>Short bones</i>)	Bentuk seperti kubus, panjang, lebar, dan ketebalannya hampir sama	Memberikan stabilitas dan dukungan sambil memungkinkan sedikit gerakan	Karpal, tarsal
Tulang Pipih (<i>Flat bones</i>)	Tipis dan melengkung	Tempat melekatnya otot; melindungi organ dalam	Sternum, tulang rusuk, skapula, tulang kranial
Tulang Tidak Beraturan (<i>Irregular bones</i>)	Bentuk kompleks	Melindungi organ dalam	Vertebra, tulang wajah
Tulang Sesamoid (<i>Sesamoid bones</i>)	Kecil dan bulat; tertanam di dalam tendon	Melindungi tendon dari tekanan/kompresi	Patella



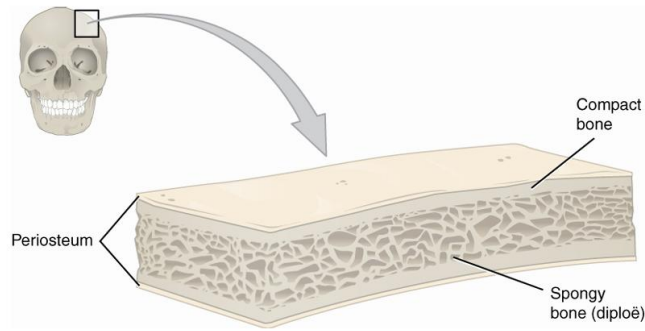
Gambar 16. Klasifikasi tulang (Bets et al., 2017)

a. Tulang panjang (*Long Bones*)

Tulang panjang adalah tulang yang berbentuk silindris, lebih panjang daripada lebarnya. Namun, perlu diingat bahwa istilah ini menggambarkan bentuk tulang, bukan ukurannya. Tulang panjang ditemukan di lengan (humerus, ulna, radius) dan kaki (femur, tibia, fibula), serta di jari tangan (metakarpal, falang) dan jari kaki (metatarsal, falang). Tulang panjang berfungsi sebagai tuas; tulang ini bergerak ketika otot berkontraksi.

b. Tulang pendek (*Short Bones*)

Tulang pendek adalah tulang yang berbentuk seperti kubus, dengan panjang, lebar, dan ketebalan yang hampir sama. Satu-satunya tulang pendek dalam kerangka manusia adalah tulang karpal di pergelangan tangan dan tulang tarsal di pergelangan kaki. Tulang pendek memberikan stabilitas dan dukungan serta beberapa gerakan terbatas.



Gambar 17. Anatomi tulang pendek (Bets et al., 2017)

c. Tulang pipih (*Flat Bones*)

Contoh dari tulang ini termasuk tulang tengkorak, tulang belikat, tulang dada, dan tulang rusuk. Tulang pipih berfungsi sebagai titik perlekatan otot dan sering melindungi organ internal.

d. Tulang Tak Beraturan (*Irregular Bones*)

Tulang tidak beraturan cenderung memiliki bentuk yang lebih kompleks, seperti tulang belakang yang menopang sumsum tulang belakang dan melindunginya dari gaya tekan. Banyak tulang wajah, terutama yang mengandung sinus, diklasifikasikan sebagai tulang tidak beraturan.

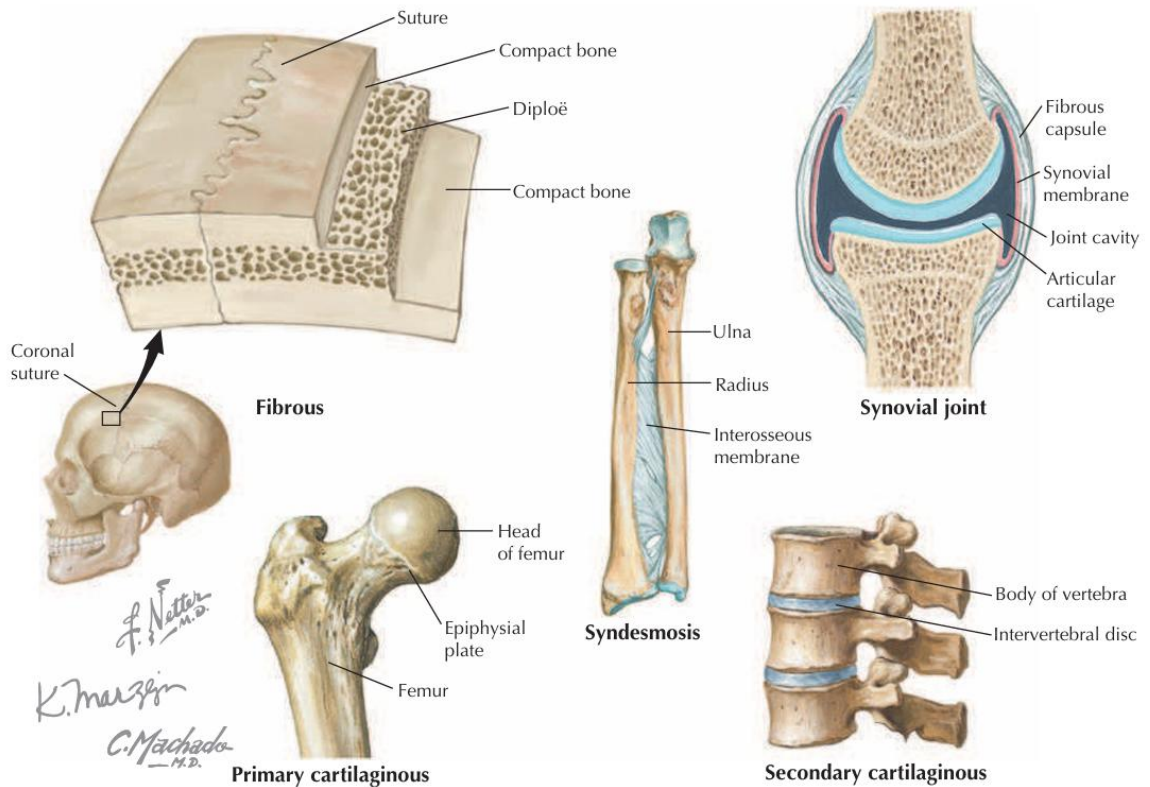
e. Tulang Sesamoid (*Sesamoid Bones*)

Tulang sesamoid adalah tulang kecil dan bulat yang, seperti namanya, berbentuk seperti biji wijen. Tulang-tulang ini terbentuk di tendon (selubung jaringan yang menghubungkan tulang ke otot) di mana tekanan yang sangat besar dihasilkan di dalam sendi. Tulang sesamoid melindungi tendon dengan membantu mengatasi gaya tekan. Jumlah dan lokasi tulang sesamoid bervariasi dari orang ke orang, tetapi biasanya ditemukan di tendon yang berhubungan dengan kaki, tangan, dan lutut. Patela (tunggal = patella) adalah satu-satunya tulang sesamoid yang ditemukan pada setiap orang.

3) Sendi

Sendi, disebut juga artikulasi, adalah tempat di mana tulang yang berdekatan atau tulang dan tulang rawan bertemu (berartikulasi satu sama lain) untuk membentuk sambungan. Klasifikasi struktural sendi dibagi menjadi tiga klasifikasi struktural. **Sendi fibrosa** adalah tempat tulang-tulang yang berdekatan disatukan oleh

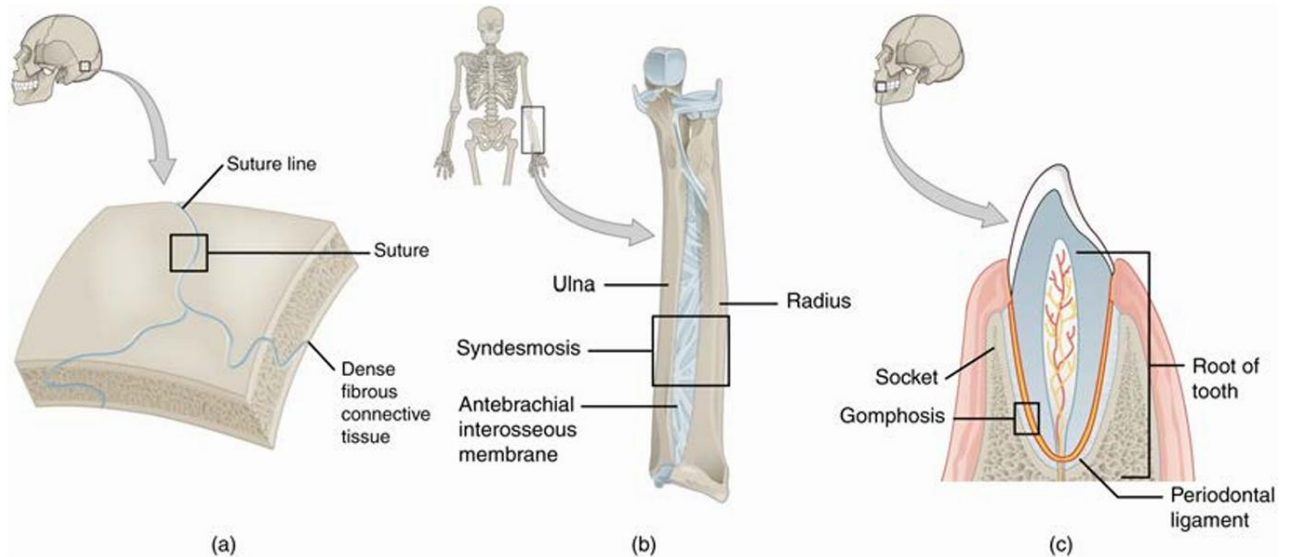
jaringan ikat fibrosa. Pada **sendi tulang rawan**, tulang-tulang disatukan oleh tulang rawan hialin atau tulang rawan fibrosa. Pada **sendi sinovial**, permukaan artikulasi tulang tidak terhubung secara langsung, tetapi saling bersentuhan di dalam rongga sendi yang diisi dengan cairan pelumas.



Gambar 18. Tipe- tipe Sendi (Hansen et al., 2019)

a. Sendi Fibrosa

Pada sendi fibrosa, tulang-tulang yang berdekatan terhubung langsung satu sama lain oleh jaringan ikat fibrosa, sehingga tidak terdapat rongga sendi di antara tulang-tulang tersebut. Terdapat tiga jenis sendi fibrosa. **Sutura** adalah sendi fibrosa sempit yang ditemukan di antara sebagian besar tulang tengkorak. Pada **sendi sindesmosis**, tulang-tulang terpisah lebih jauh tetapi tetap disatukan oleh pita sempit jaringan ikat fibrosa yang disebut ligamen atau oleh lembaran jaringan ikat yang lebih lebar yang disebut membran interoseus. Jenis sendi fibrosa ini ditemukan di antara bagian batang tulang panjang pada lengan bawah dan kaki. Terakhir, **gomfosis** adalah sendi fibrosa sempit yang terdapat antara akar gigi dan soket tulang pada rahang tempat gigi tersebut tertanam.

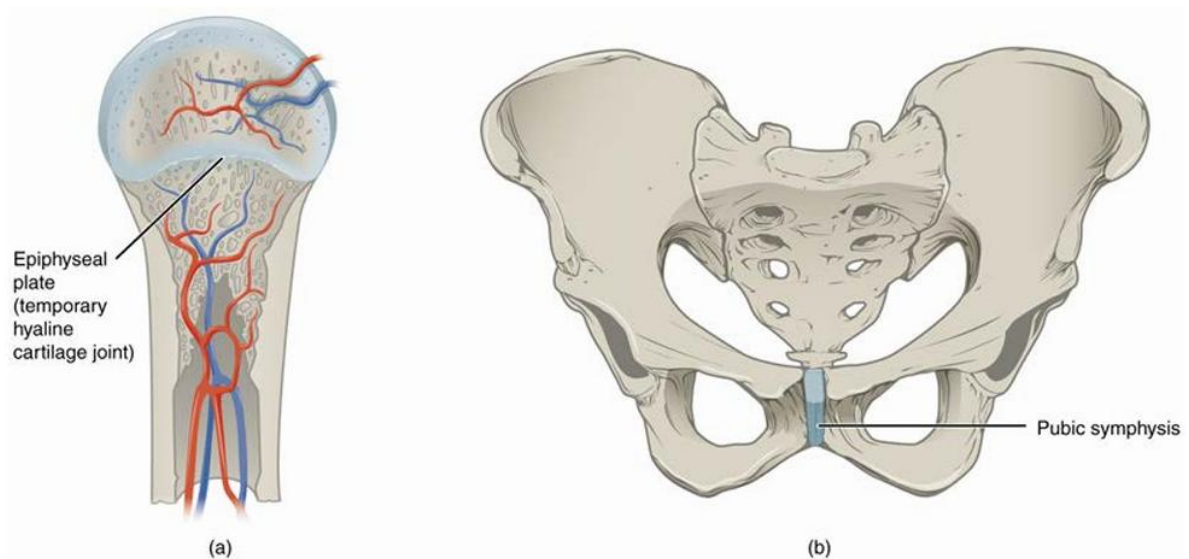


Gambar 19. Sendi Fibrosa, (a) Sutura (b) Sindesmosis (c) Gomfosis (Bets et al., 2017)

b. Sendi Tulang Rawan (Kartilago)

Tulang rawan (kartilago), yaitu jenis jaringan ikat yang kuat tetapi fleksibel. Jenis sendi ini tidak memiliki rongga sendi dan melibatkan tulang-tulang yang dihubungkan oleh tulang rawan hialin atau fibrokartilago. Ada dua jenis sendi kartilaginosa. Sinkondrosis adalah sendi kartilaginosa di mana tulang-tulang disatukan oleh tulang rawan hialin. Yang juga termasuk sinkondrosis adalah tempat di mana tulang terhubung dengan struktur tulang rawan, seperti antara ujung depan tulang rusuk dan kartilago kostalis pada rongga dada.

Jenis sendi kartilaginosa yang kedua adalah **simfisis**, yaitu sendi di mana tulang-tulang disatukan oleh **fibrokartilago**.

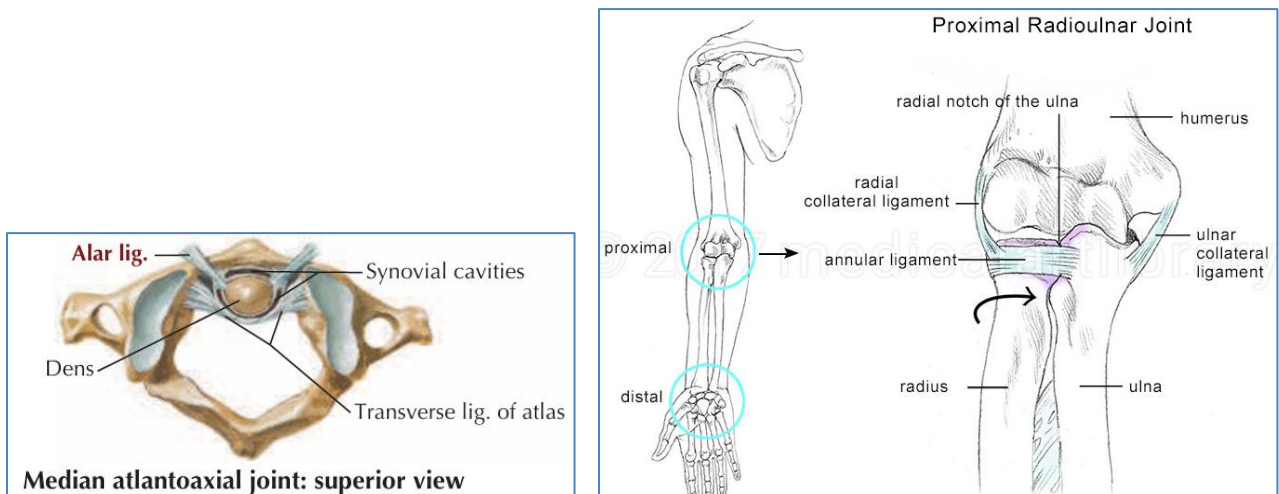


Gambar 20. Sendi tulang rawan (Bets et al., 2017)

c. Sendi Sinovial

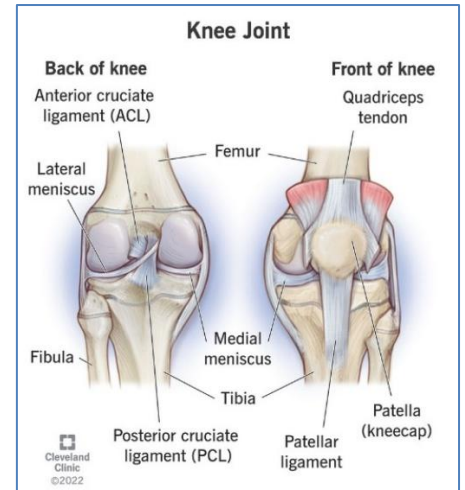
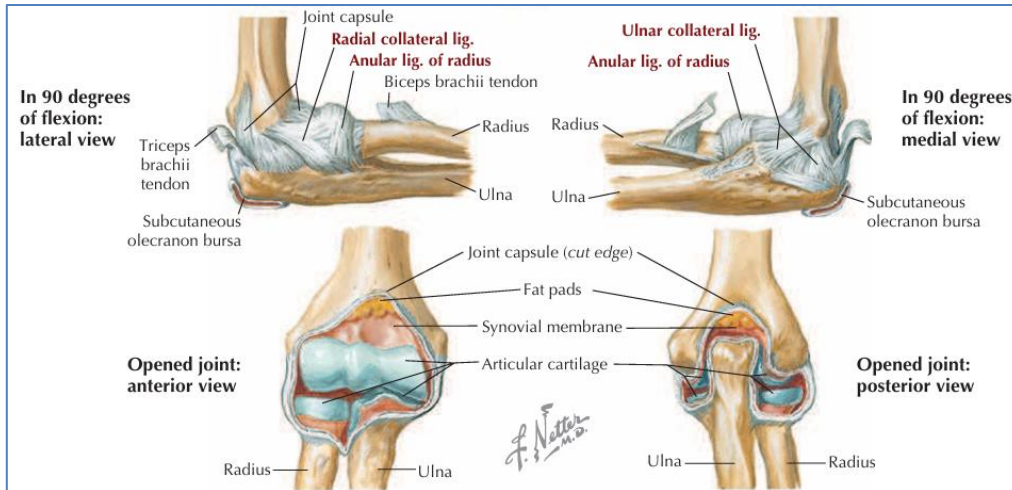
Sendi sinovial adalah jenis sendi yang paling umum di tubuh. Karakteristik struktural utama untuk sendi synovial yang tidak terlihat pada sendi fibrosa atau tulang rawan adalah adanya rongga sendi. Ruang berisi cairan ini adalah tempat di mana permukaan artikulasi tulang saling bersentuhan. Sendi sinovial ditandai dengan adanya rongga sendi. Dinding ruang ini dibentuk oleh kapsul artikular, yaitu struktur jaringan ikat berserat yang melekat pada setiap tulang tepat di luar area permukaan artikulasi tulang. Tulang-tulang sendi berartikulasi satu sama lain di dalam rongga sendi. Sendi sinovial dibagi lagi berdasarkan bentuk permukaan artikulasi tulang yang membentuk setiap sendi. Enam jenis sendi sinovial adalah sendi pivot, sendi engsel, sendi kondiloid, sendi pelana, sendi bidang, dan sendi bola dan soket.

Sendi pivot (*pivot joint*) : bagian tulang yang membulat dikelilingi oleh cincin yang dibentuk sebagian oleh artikulasi dengan tulang lain dan sebagian oleh ligamen. Tulang berputar di dalam cincin ini. Karena rotasi terjadi di sekitar satu sumbu. Contoh sendi putar adalah sendi atlantoaksial dan sendi radioulnar proksimal.



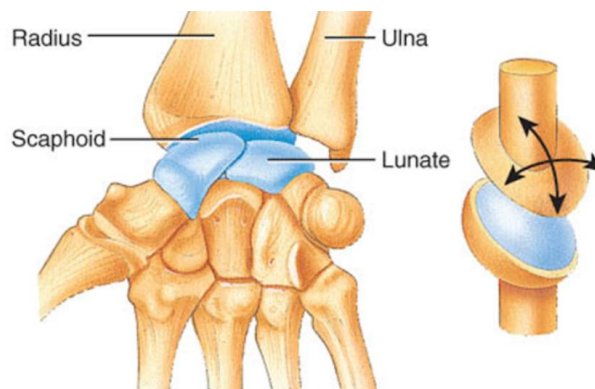
Gambar 21. Sendi atlantoaksial [kiri]; dan sendi radioulnar proksimal [kanan]

Sendi engsel (*hinge joint*): ujung cembung satu tulang berartikulasi dengan ujung cekung tulang yang berdekatan. Jenis sendi ini hanya memungkinkan gerakan menekuk dan meluruskan sepanjang satu sumbu. Contoh sendi engsel adalah sendi pada lutut dan siku tangan.



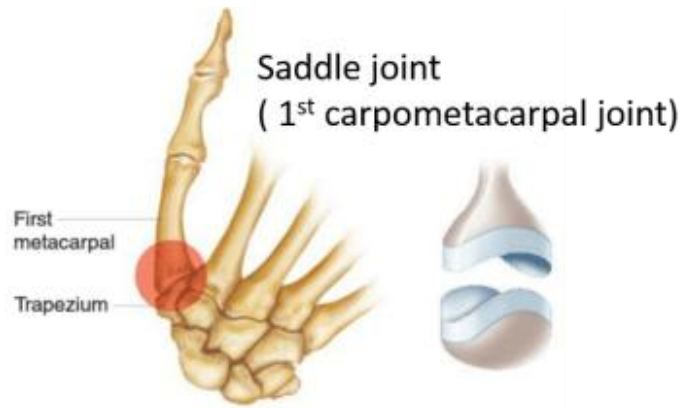
Gambar 22. Sendi pada siku tangan [kiri]; dan sendi pada lutut [kanan]

Sendi kondiloid (*condyloid joint*): lekukan dangkal di ujung salah satu tulang berartikulasi dengan struktur bulat dari tulang atau tulang-tulang yang berdekatan. Jenis sendi ini memungkinkan gerakan sudut pada dua sumbu, seperti yang terlihat pada sendi pergelangan tangan dan jari-jari, yang dapat bergerak ke samping (kiri–kanan) maupun ke atas dan ke bawah. Contoh sendi gulung adalah sendi yang terdapat pada rahang dan jari tangan.



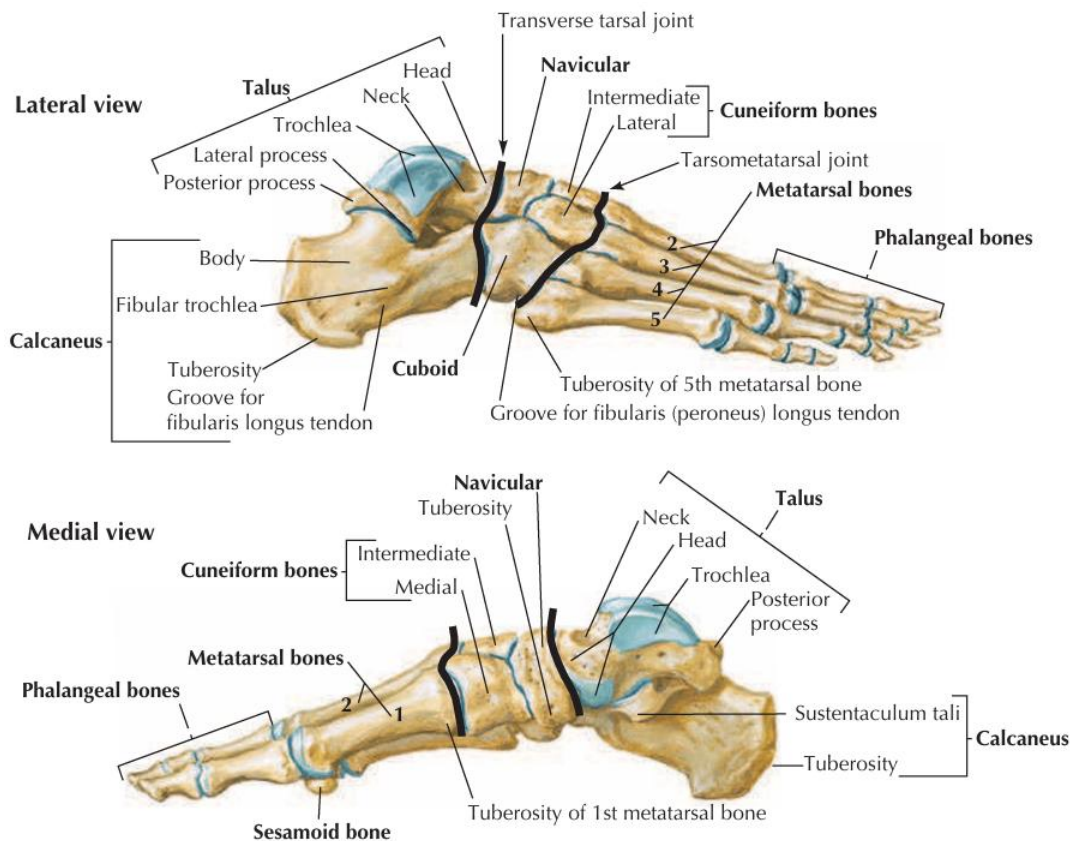
Gambar 23. Sendi pada jari tangan

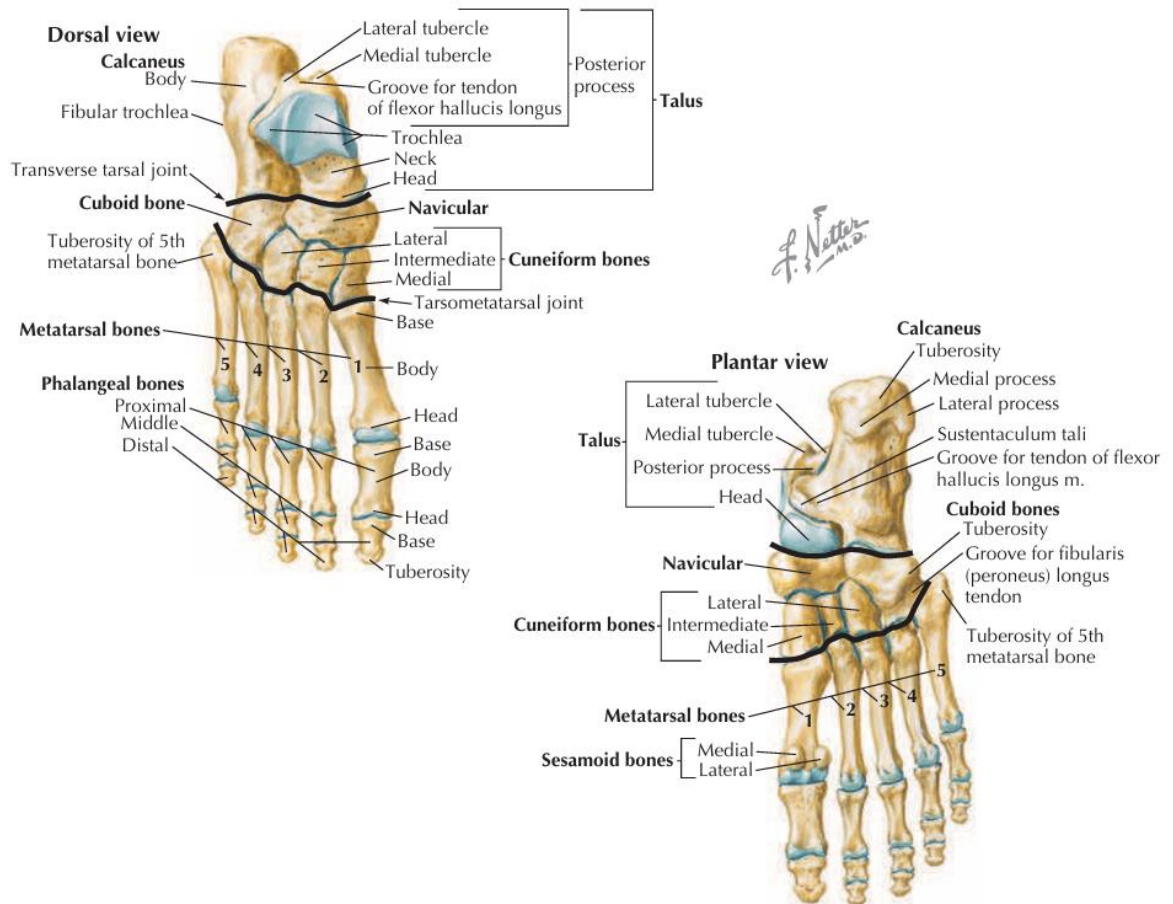
Sendi pelana (*saddle joint*) : kedua permukaan artikulasi untuk tulang memiliki bentuk pelana, yang cekung di satu arah dan cembung di arah lainnya. Sendi ini memungkinkan tulang bergerak ke berbagai arah secara fleksibel. Contoh sendi pelana adalah sendi yang terdapat di bagian pangkal tulang ibu jari.



Gambar 24. Sendi pada bagian pangkal tulang ibu jari

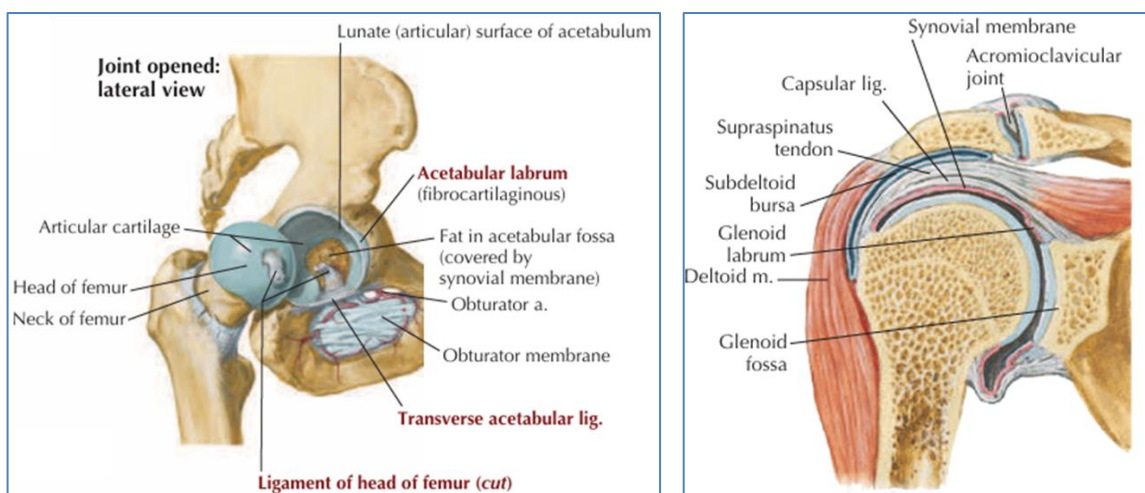
Sendi bidang (*plane joint*) : permukaan artikulasi tulang datar atau sedikit melengkung dan berukuran kurang lebih sama, yang memungkinkan tulang untuk bergeser satu sama lain. Gerakan pada jenis sendi ini biasanya kecil dan dibatasi dengan ketat oleh ligamen di sekitarnya. Berdasarkan bentuknya saja, sendi datar dapat memungkinkan banyak gerakan, termasuk rotasi. Contoh sendi geser adalah sendi pada pergelangan tangan (carpal) dan pergelangan kaki (tarsal).



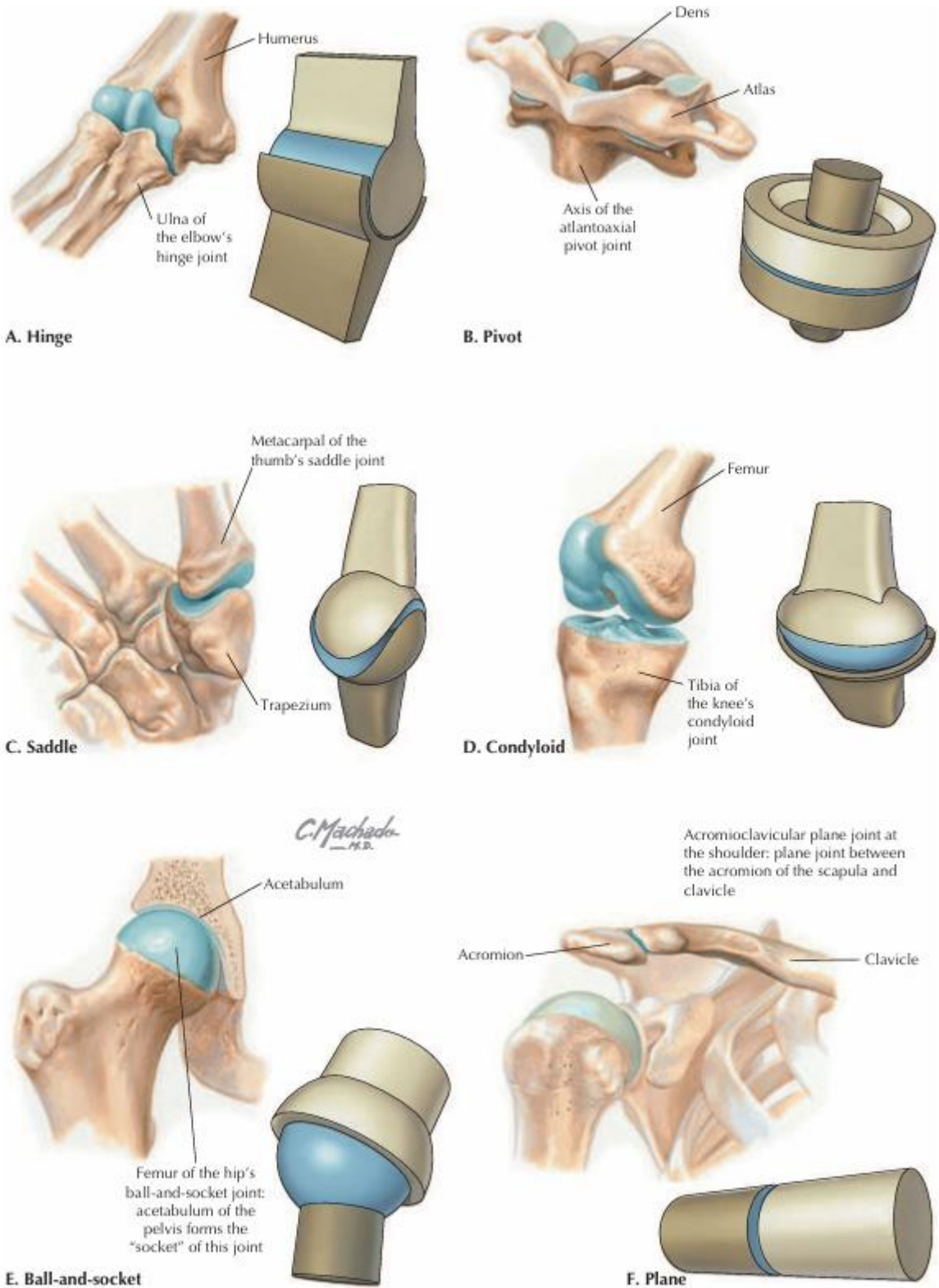


Gambar 25. Sendi pada pergelangan tangan (carpal) dan pergelangan kaki (tarsal)

Sendi bola dan soket (*ball-and-socket joint*): kepala bulat dari satu tulang (bola) masuk ke dalam artikulasi cekung (soket) dari tulang yang berdekatan. Contoh sendi peluru adalah sendi pada bahu dan pinggul.



Gambar 26. Sendi pada pinggul [kiri]; sendi pada bahu [kanan] (Hansen et al., 2019)

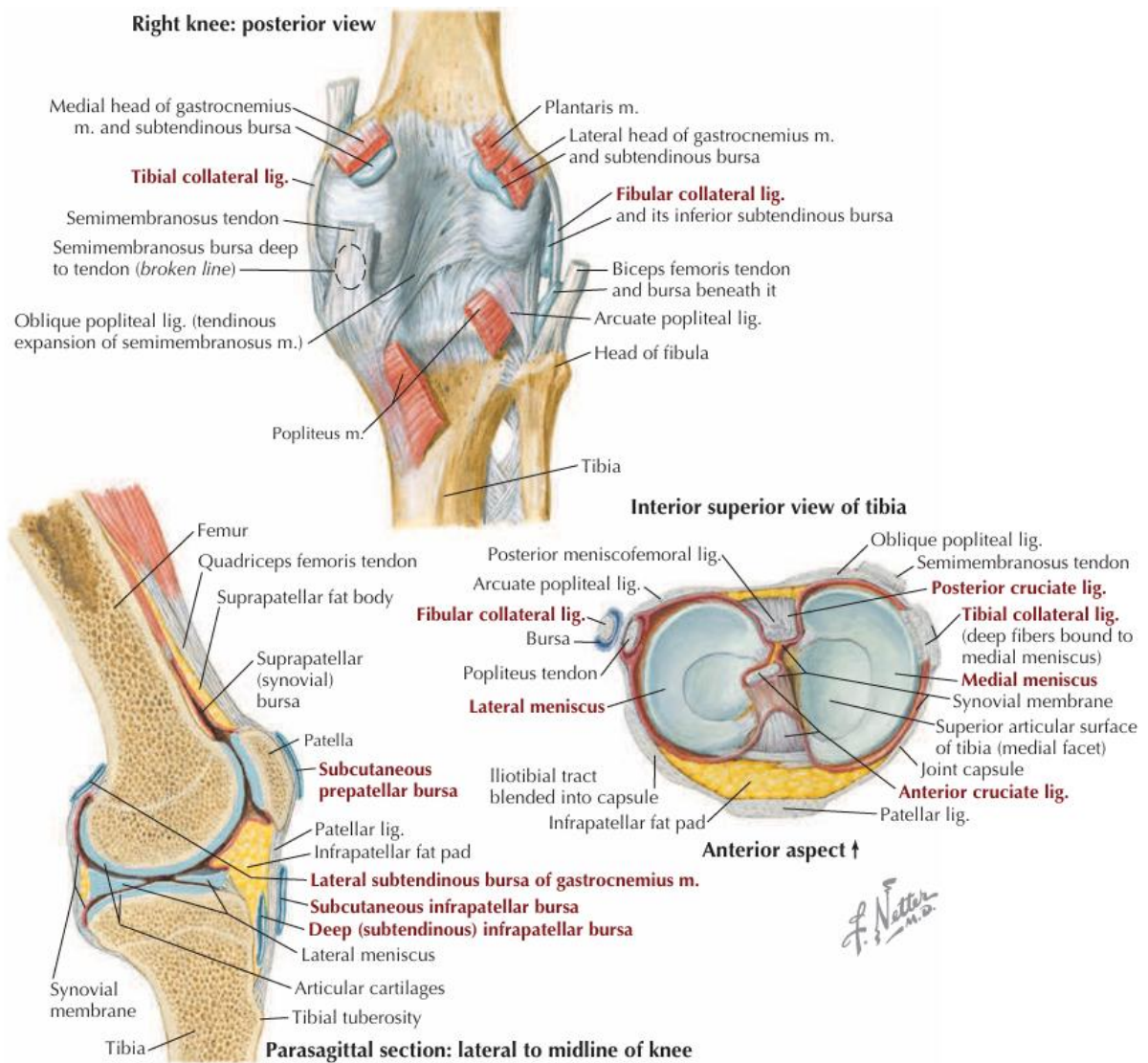


Gambar 27. Jenis Sendi Sinovial (Hansen et al., 2019)

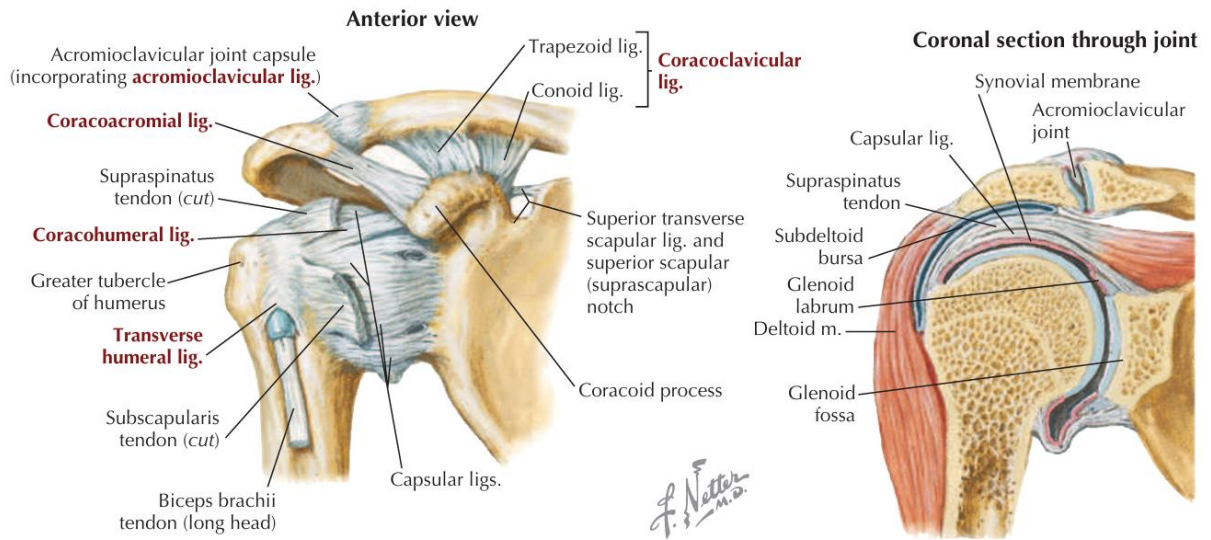
4) Ligamen Dan Tendon

Ligamen adalah jaringan elastis yang terdiri dari serat dan membentuk sendi. Ligamen adalah jaringan ikat yang menghubungkan satu tulang dengan tulang lainnya, membantu menjaga stabilitas sendi. Ligamen tersusun dari serat kolagen, organisasi seratnya relatif lebih longgar dan membentuk pola saling bersilangan. Selain itu, tingginya kandungan serat elastin pada ligamen memberikan karakteristik elastisitas dan fleksibilitas yang lebih besar.

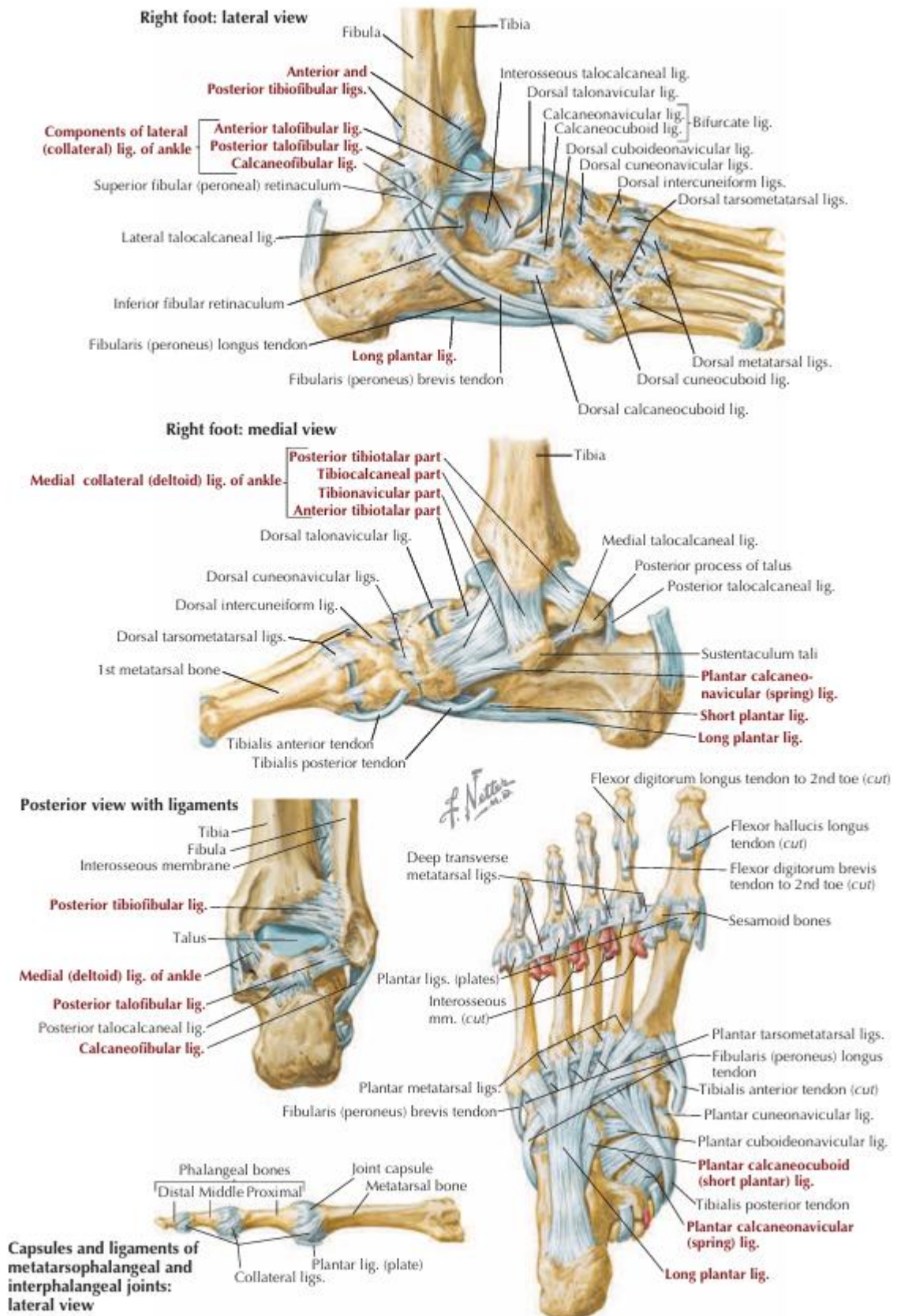
Tendon adalah jaringan yang menghubungkan otot dengan tulang, memungkinkan gerakan tubuh. Struktur tendon yang tersusun secara padat memungkinkan jaringan ini menahan gaya tarik yang dihasilkan saat otot berkontraksi, sehingga tidak mudah mengalami peregangan berlebihan maupun cedera.



Gambar 28. Ligamen Lutut (Hansen et al., 2019)

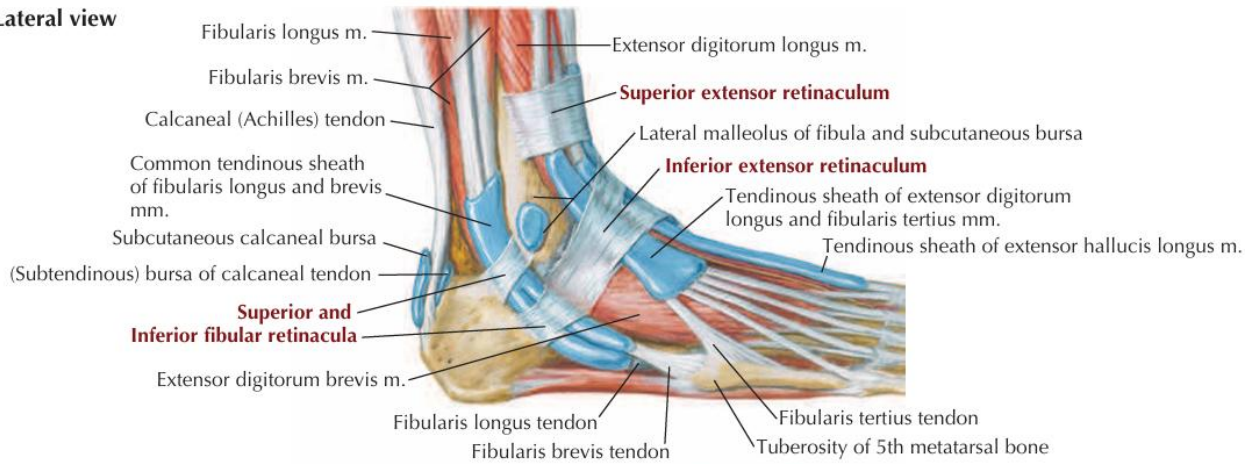


Gambar 29. Tendon dan Ligamen Sendi Bahu (Hansen et al., 2019)

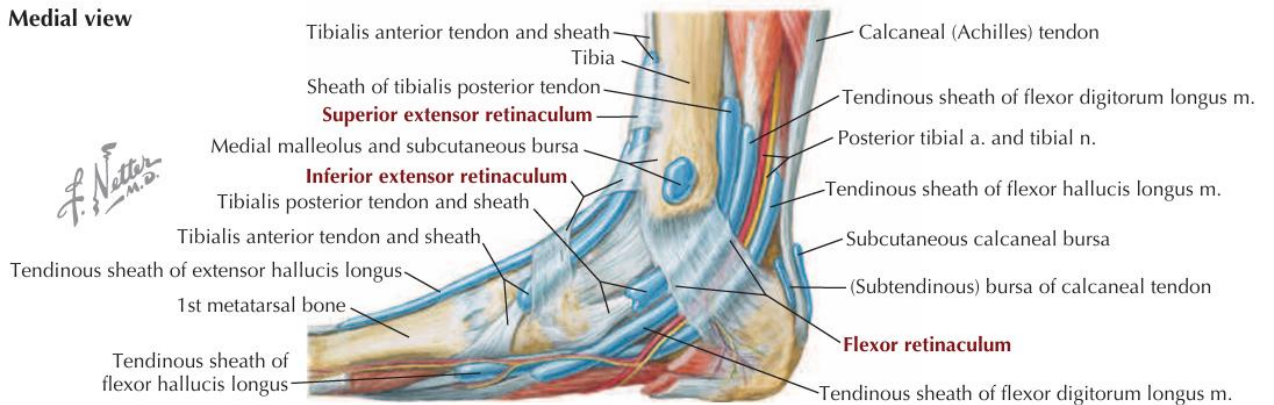


Gambar 30. Ligamen Pergelangan Kaki dan Kaki (Hansen et al., 2019)

Lateral view



Medial view



Gambar 31. Selubung Tendon dan Retinakulum Pergelangan Kaki (Hansen et al., 2019)

PERCOBAAN II

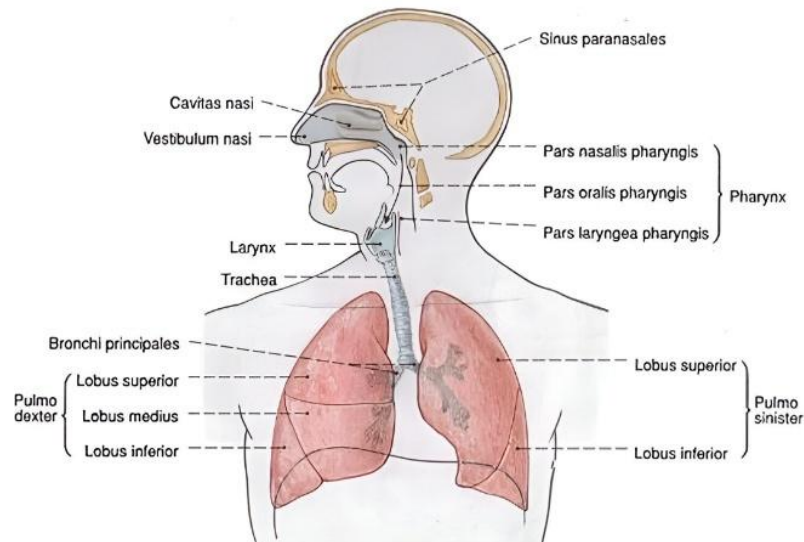
ANATOMI SISTEM RESPIRATORI, KARDIOVASKULAR DAN PENCERNAAN

I. Tujuan Percobaan

Mempelajari anatomi sistem respiratori, kardiovaskular dan pencernaan pada manusia

II. Dasar Teori

A. ANATOMI SISTEM RESPIRATORI



Gambar 32. Gambaran alat pernafasan; tampak medial atau ventral (Putz dan Pabst, 2003)

1. Hidung dan Struktur Disekitarnya

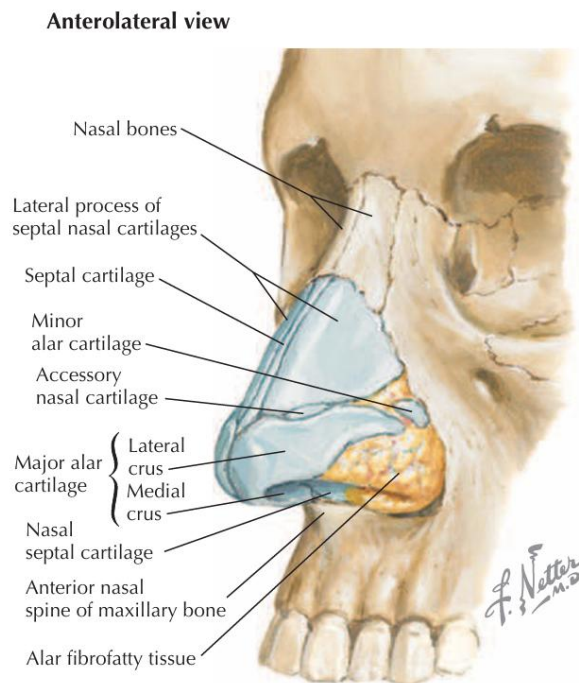
Pintu masuk dan keluar utama untuk sistem pernapasan adalah melalui hidung. Daerah hidung terdiri dari hidung bagian luar dan rongga hidung bagian dalam.

a. Hidung bagian luar

Hidung luar merupakan struktur yang kompleks dan secara topografis dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu tampak frontal, lateral, dan basal. Sepertiga bagian atas hidung tersusun atas sepasang tulang hidung yang memanjang dari tulang frontal ke arah kaudal hingga mencapai rhinion. Sudut yang terbentuk antara tulang hidung dan tulang frontal disebut sudut nasofrontal (juga dikenal sebagai radix atau akar hidung), yang besarnya dapat bervariasi antara laki-laki dan perempuan.

Sepertiga bagian tengah hidung tersusun atas sepasang tulang rawan lateral atas (*upper lateral cartilages/ULC*) yang juga dikenal sebagai daerah vault tengah

kartilaginosa. Tulang rawan lateral atas ini meluas ke arah inferior dan lateral dengan bentuk menyerupai persegi panjang, serta mendekati segitiga lateral eksternal dari apertura piriformis. Sepertiga bagian bawah hidung tersusun atas sepasang tulang rawan lateral bawah yang membentuk krus lateral, krus tengah, dan krus medial dari kartilago alar. Krus medial membentuk kolumela karena berhubungan dengan kartilago septum di bagian inferior dan memanjang dari bibir atas hingga ujung hidung, dapat dilihat pada Gambar Hidung Bagian Luar.



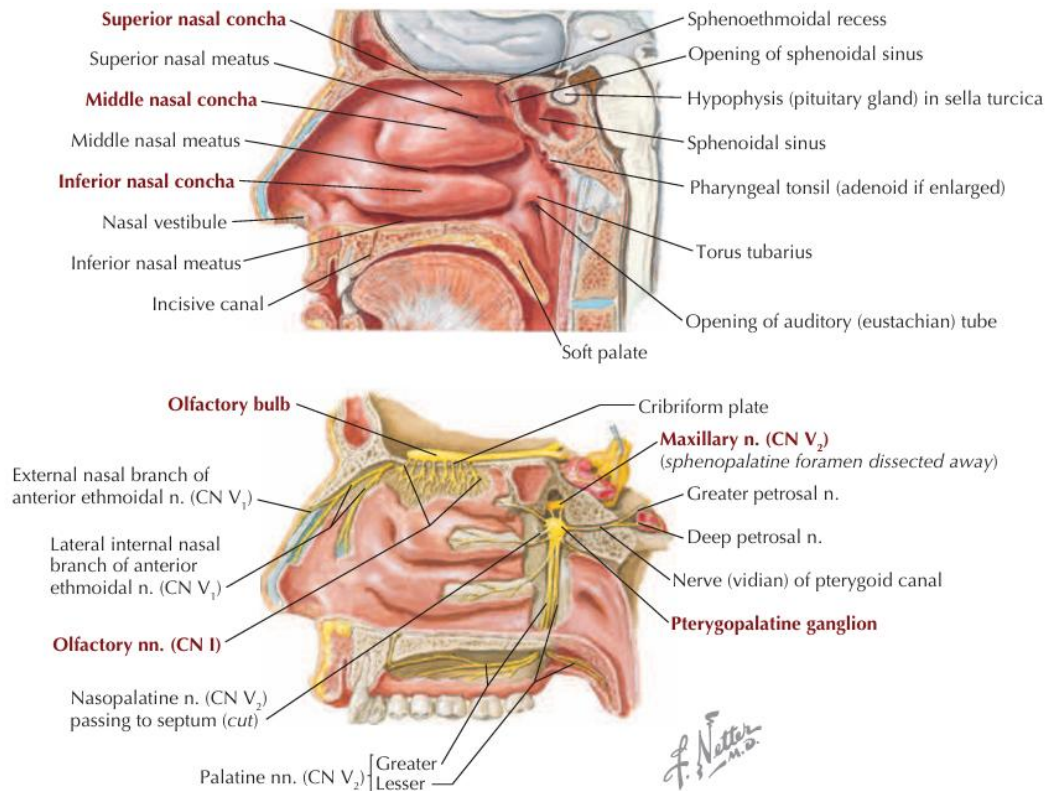
Gambar 33. Hidung Bagian Luar (Hansen et al., 2019)

b. Rongga hidung bagian dalam

Udara yang masuk ke dalam hidung akan melewati area-area berikut:

- Nares: bukaan anterior atau lubang hidung.
- Vestibulum: bagian hidung yang melebar di dalam setiap lubang hidung; daerah ini dilapisi epitel yang sangat vaskular dan memiliki rambut.
- Daerah respiratori: rongga hidung sebenarnya yang dilapisi epitel respiratori yang sangat vaskular serta memiliki tiga konka tulang yang berfungsi meningkatkan luas permukaan untuk menyaring, menghangatkan, dan melembapkan udara inspirasi. Konka nasal inferior merupakan tulang tersendiri, sedangkan konka nasal media dan superior merupakan bagian dari tulang etmoid. Konka tulang ini dilapisi epitel respiratori sehingga disebut juga turbinat.

- Olfactory region: daerah kecil di bagian puncak rongga hidung tempat reseptor penciuman berada.
- Choanae: sepasang bukaan posterior yang menjadi jalur komunikasi antara rongga hidung dan nasofaring.



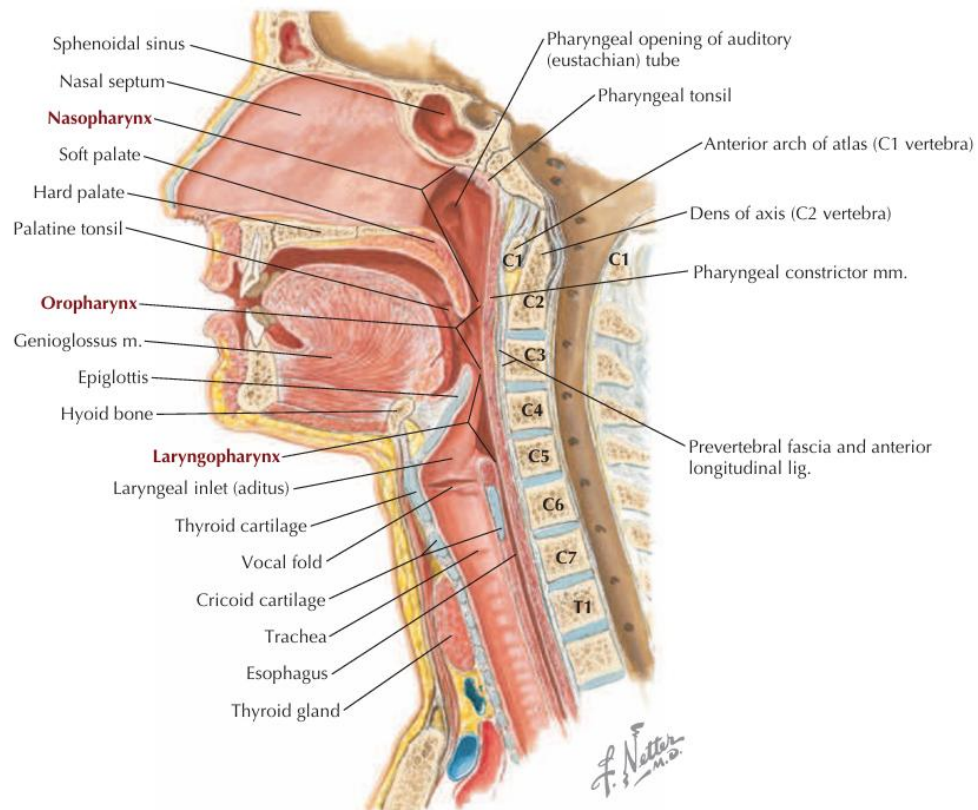
Gambar 34. Dinding Lateral Rongga Hidung (Hansen et al., 2019)

2. Faring

Faring adalah tabung yang dibentuk oleh otot rangka dan dilapisi oleh selaput lendir yang berkesinambungan dengan selaput lendir rongga hidung. Faring dibagi menjadi tiga wilayah utama: nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Nasofaring terletak di bagian posterior rongga hidung dan diapit oleh konka pada rongga hidung. Nasofaring berfungsi khusus dalam sistem pernapasan dan fonasi, sedangkan orofaring dan laringofaring memiliki peran ganda dalam sistem pernapasan dan pencernaan. Pada bagian atas nasofaring terdapat tonsil faringeal. Tonsil faringeal, yang juga dikenal sebagai adenoid, merupakan kumpulan jaringan limfoid retikuler yang menyerupai kelenjar getah bening dan terletak pada bagian superior nasofaring. Fungsi tonsil faringeal belum sepenuhnya dipahami, namun struktur ini kaya akan limfosit dan dilapisi epitel bersilia yang berperan menangkap serta menghancurkan patogen yang masuk bersama udara saat proses inhalasi.

Orofaring terletak inferior terhadap nasofaring dan berlanjut ke laringofaring, yang bagian inferiornya bermuara ke esofagus dan bagian anteriornya berhubungan dengan laring sebagai jalur masuk udara ke saluran pernapasan bawah. Fauces merupakan celah atau pembukaan yang menghubungkan rongga mulut dengan orofaring. Pada daerah ini terjadi perubahan jenis epitel dari epitel silindris berlapis semu bersilia menjadi epitel skuamosa berlapis. Orofaring mengandung dua kelompok tonsil, yaitu tonsil palatina dan tonsil lingual. Tonsil palatina merupakan sepasang struktur yang terletak secara lateral pada daerah fauces, sedangkan tonsil lingual berada di dasar lidah. Sama seperti tonsil faringeal, kedua tonsil tersebut tersusun atas jaringan limfoid yang berfungsi menangkap dan menghancurkan patogen yang masuk melalui rongga mulut maupun rongga hidung.

Laringofaring terletak di bawah orofaring dan di bagian posterior laring. Bagian ini menjadi jalur lanjutan bagi udara dan makanan hingga mencapai bagian bawahnya, tempat sistem pencernaan dan sistem pernapasan mulai berpisah. Epitel skuamosa berlapis yang melapisi orofaring berlanjut hingga ke laringofaring. Pada bagian anterior, laringofaring berhubungan dengan laring, sedangkan pada bagian posterior berlanjut ke esofagus.



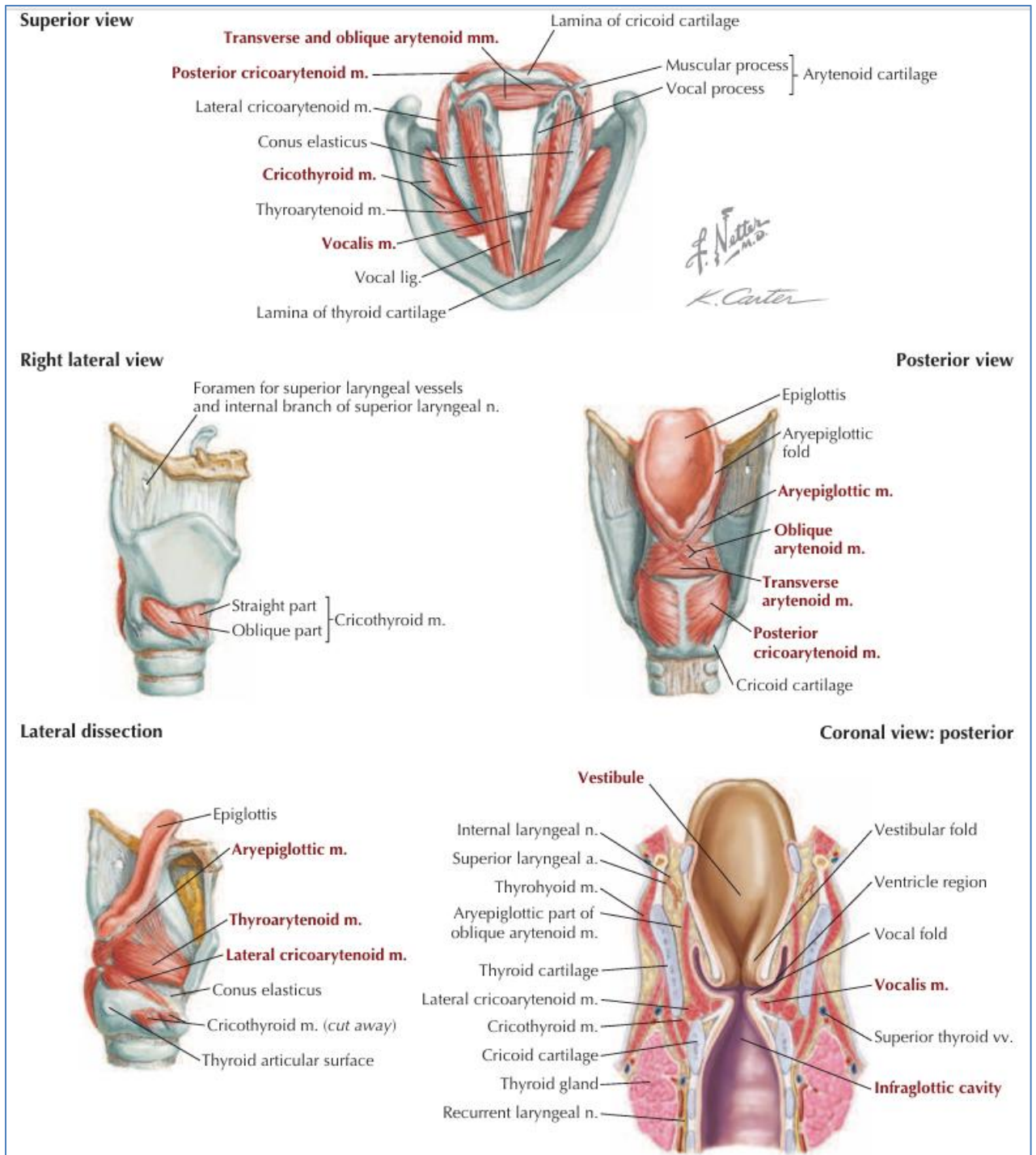
Gambar 35. Subdivisi pada faring: nasofaring, orofaring, dan laringofaring (Hansen et al., 2019)

3. Laring

Laring adalah struktur muskulo-ligamentosa dan kartilaginosa yang terletak pada tingkat vertebra servikal C3 sampai C6, tepat superior terhadap trakea. Organ ini memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai mekanisme sfingter untuk melindungi jalan napas serta sebagai organ fonasi dalam produksi suara. Otot intrinsik laring merupakan otot rangka yang berinsersi pada kartilago laring dan berperan utama dalam pengaturan fungsi fonasi dan respirasi. Otot-otot ini mengontrol ketegangan lipatan vokal, mengatur pembukaan dan penutupan rima glotidis yang merupakan celah di antara pita suara sejati, serta mengatur rima vestibuli, yaitu ruang di antara lipatan vestibular atau pita suara palsu, dapat dilihat pada Gambar Otot-otot Laring.

Rima vestibuli diatur oleh lipatan vestibular atau pita suara palsu yang berperan penting dalam mekanisme proteksi jalan napas selama proses menelan dengan mencegah terjadinya aspirasi ke dalam trakea. Selain fungsi protektif, lipatan ini juga berkontribusi dalam fonasi dengan menyesuaikan ukuran vestibulum laring sehingga memengaruhi kualitas suara yang dihasilkan.

Lipatan vokal, yang terdiri atas ligamen vokal yang dilapisi mukosa, merupakan struktur utama dalam proses fonasi. Getaran lipatan vokal yang terjadi saat aliran udara melewati rima glotidis menghasilkan suara. Otot krikoid posterior memiliki peran vital karena merupakan satu-satunya otot yang berfungsi mengabdiksi lipatan vokal dan mempertahankan keterbukaan rima glotidis. Sementara itu, lipatan vestibular berfungsi terutama sebagai pelindung jalan napas, namun juga dapat berkontribusi terhadap modulasi kualitas suara.



Gambar 36. Otot-otot Laring (Hansen et al., 2019)

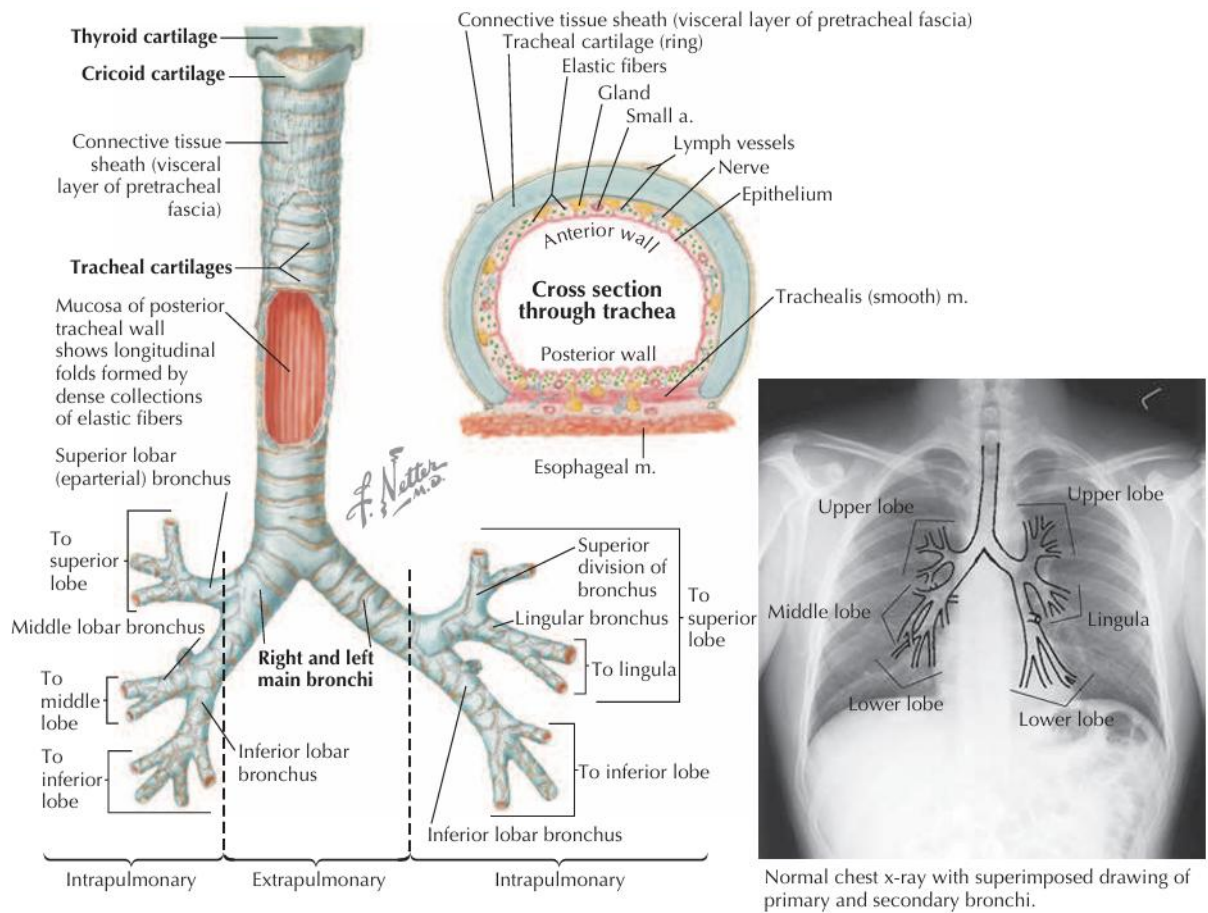
4. Trakea

Trakea (tenggorokan) memanjang dari laring menuju paru-paru. Trakea merupakan saluran pernapasan yang tersusun dari 16–20 cincin tulang rawan hialin berbentuk C yang saling dihubungkan oleh jaringan ikat padat. Pada bagian posteriornya terdapat membran fibroelastis yang terbentuk dari otot trakealis dan jaringan ikat elastis,

berfungsi menghubungkan ujung cincin tulang rawan serta memberikan fleksibilitas. Struktur ini memungkinkan trakea mengalami peregangan ringan saat inspirasi dan ekspirasi, sementara cincin tulang rawan menjaga bentuk dan mencegah kolaps. Otot trakealis juga berperan dalam meningkatkan aliran udara selama ekspirasi melalui kontraksi.

Tabel 4. Karakteristik Struktural Trakea dan Bronkus

Struktur	Karakteristik Anatomi
Trakea	Memiliki panjang sekitar 10 cm dengan diameter 2,5 cm. Secara anatomis, trakea berjalan ke arah inferior di sisi anterior esofagus dan di sisi posterior arkus aorta.
Kartilago Trakealis	Terdiri atas 16 hingga 20 cincin tulang rawan yang berbentuk menyerupai huruf 'C' untuk menjaga patensi jalan napas.
Bronkus	Merupakan percabangan trakea menjadi bronkus utama (primer) kanan dan kiri, yang terletak setinggi sudut sternum (<i>Angulus Ludovici</i>).
Bronkus Dekstra	Memiliki karakteristik lebih pendek, lebih lebar, dan posisinya lebih vertikal dibandingkan bronkus sinistra. Kondisi anatomis ini menyebabkan benda asing yang teraspirasi lebih sering masuk ke dalam bronkus kanan.
Karina	Struktur tulang rawan internal yang menyerupai lunas kapal, terletak tepat pada titik bifurkasi (percabangan) trakea.
Bronkus Sekunder	Berfungsi menyuplai lobus pada masing-masing paru, yang terdiri atas tiga percabangan di paru kanan dan dua percabangan di paru kiri.
Bronkus Tersier	Berfungsi menyuplai segmen bronkopulmonal, di mana masing-masing paru secara umum memiliki 10 segmen.



Gambar 37. Trakea dan bronkus (Hansen et al., 2019)

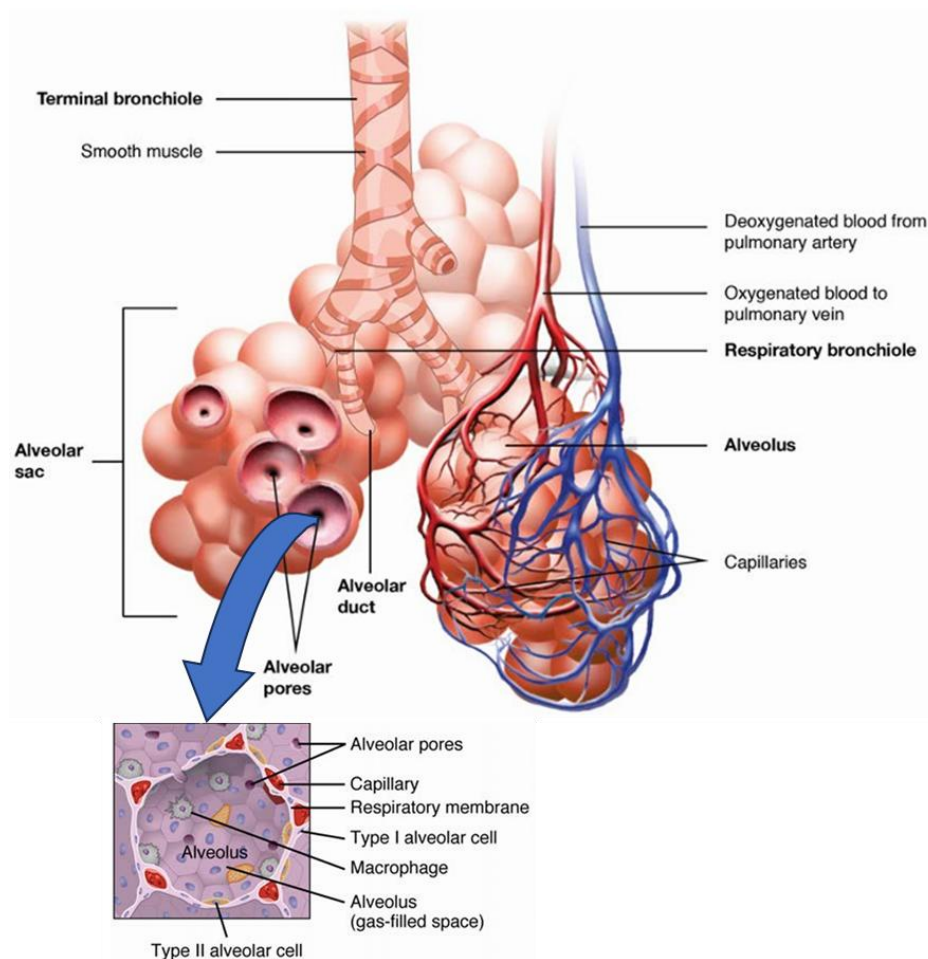
5. *Bronchial Tree*

Pada bagian karina, trakea bercabang menjadi bronkus primer kanan dan kiri. Struktur bronkus dilapisi epitel silindris berlapis semu bersilia dengan sel goblet penghasil mukus, serta diperkuat oleh cincin tulang rawan yang berfungsi mempertahankan bentuk dan mencegah kolaps. Karina mengandung jaringan saraf sensitif yang berperan dalam memicu refleks batuk ketika terdapat benda asing. Bronkus primer memasuki paru-paru melalui hilum, yaitu area cekung yang juga menjadi tempat masuknya pembuluh darah, pembuluh limfatik, dan saraf.

Selanjutnya, bronkus mengalami percabangan berulang membentuk pohon bronkial atau pohon respirasi, yang berfungsi sebagai jalur penghantar udara menuju dan dari paru-paru. Lapisan mukosa pada saluran ini berperan dalam menyaring partikel dan mikroorganisme. Percabangan bronkus tersier menghasilkan bronkiolus yang berdiameter kecil dan terus bercabang menjadi bronkiolus terminal, yaitu saluran terakhir sebelum area pertukaran gas. Bronkiolus tidak memiliki tulang rawan, melainkan dinding otot polos yang memungkinkan pengaturan diameter saluran sehingga aliran udara dapat disesuaikan dengan kebutuhan pernapasan.

6. Alveolus

Saluran alveolar adalah tabung yang terdiri dari otot polos dan jaringan ikat, yang bermuara ke sekelompok alveoli. Alveolus adalah salah satu dari banyak kantung kecil berbentuk seperti anggur yang melekat pada saluran alveolar. Alveolus memiliki diameter sekitar 200 mikron dengan dinding elastis yang memungkinkan alveolus meregang selama pengambilan udara, yang sangat meningkatkan luas permukaan yang tersedia untuk pertukaran gas. Alveolus terhubung dengan alveolus tetangganya melalui pori-pori alveolar, yang membantu menjaga tekanan udara yang sama di seluruh alveolus dan paru-paru. Lapisan epitel alveolus yang sangat tipis melekat pada membran basal elastis dan berdekatan langsung dengan endotel kapiler. Struktur gabungan antara dinding alveolus dan kapiler ini membentuk membran respirasi yang sangat tipis, sehingga memungkinkan pertukaran gas berlangsung secara efisien melalui proses difusi sederhana, yaitu masuknya oksigen ke dalam darah dan keluarnya karbon dioksida ke dalam alveoli.



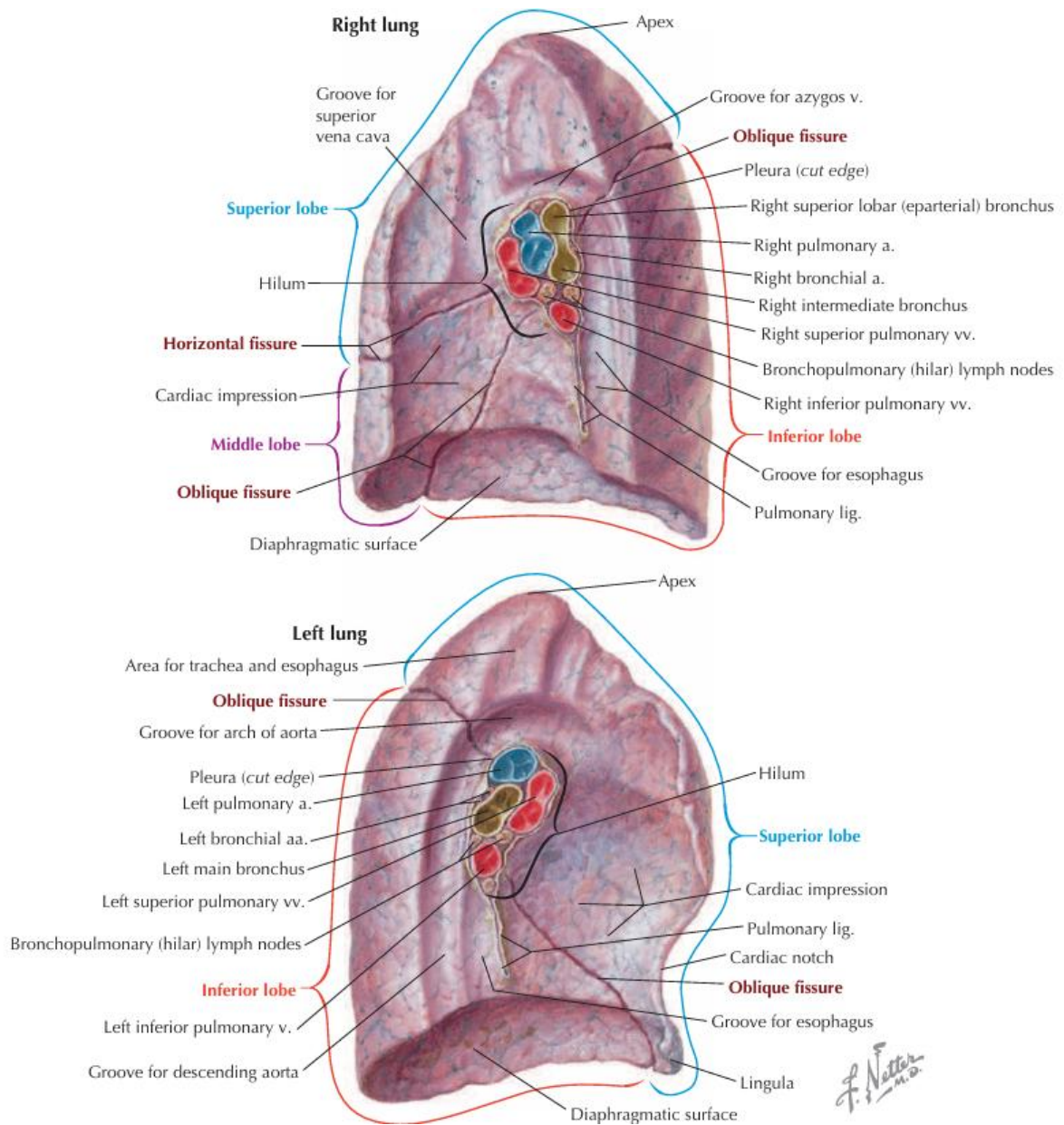
Gambar 38. Bronkiolus mengarah ke kantung alveolus di zona pernafasan (Bets et al., 2017)

7. Paru-paru

Paru-paru merupakan organ berpasangan yang berbentuk menyerupai piramida dan terhubung dengan trakea melalui bronkus kanan dan kiri. Paru-paru merupakan organ berpasangan yang diselubungi oleh pleura viseral dan berhubungan dengan struktur mediastinum, seperti trakea dan jantung, melalui hilum. Paru-paru kanan memiliki tiga lobus, yaitu lobus superior, medial, dan inferior, sedangkan paru-paru kiri terdiri atas dua lobus, yaitu lobus superior dan inferior. Setiap lobus terbagi menjadi beberapa segmen bronkopulmoner, yang masing-masing memperoleh suplai udara dari bronkus tersier serta suplai darah dari arteri tersendiri. Setiap lobus terbagi menjadi beberapa segmen bronkopulmoner, yang masing-masing memperoleh suplai udara dari bronkus tersier serta suplai darah dari arteri tersendiri.

Paru-paru kanan memiliki ukuran lebih pendek dan lebih lebar dibandingkan paru-paru kiri, sedangkan paru-paru kiri memiliki volume yang lebih kecil. Pada permukaan paru-paru kiri terdapat lekukan jantung (*cardiac notch*) yang berfungsi memberi ruang bagi jantung. Bagian puncak paru-paru disebut apeks, yaitu bagian superior, sedangkan bagian dasarnya terletak di dekat diafragma. Permukaan kosta paru-paru berhubungan dengan tulang rusuk, sementara permukaan mediastinal menghadap ke arah garis tengah tubuh.

Lebih lanjut, percabangan bronkus menjadi bronkiolus membentuk unit yang lebih kecil yang disebut lobulus pulmonalis. Setiap lobulus menerima satu bronkiolus utama dengan banyak percabangan di dalamnya. Antar lobulus dipisahkan oleh septum interlobular yang tersusun dari jaringan ikat dan berfungsi menjaga batas struktural antarunit paru.



Gambar 39. Aspek medial paru-paru (Hansen et al., 2019)

Saluran Pernafasan

Udara memasuki tubuh melalui hidung atau mulut, yang berperan dalam melembapkan serta menghangatkan udara sebelum mencapai paru-paru, sehingga mencegah iritasi akibat udara dingin dan kering. Selanjutnya, udara melewati laring dan trakea yang diperkuat oleh cincin tulang rawan guna mempertahankan patensi saluran napas.

Di dalam paru-paru, bronkus bercabang menjadi bronkiolus yang semakin kecil dan berakhir pada alveoli, yaitu kantung udara mikroskopis yang jumlahnya sekitar 150

juta pada manusia. Alveoli memiliki sifat elastis dan dilapisi surfaktan, suatu zat yang menurunkan tegangan permukaan sehingga mempermudah pengembangan paru-paru saat inspirasi dan mencegah kolaps saat ekspirasi. Setiap alveolus dikelilingi jaringan kapiler yang terhubung dengan sistem arteri dan vena. Melalui kapiler tersebut, darah yang kaya karbon dioksida dari arteri pulmonalis mengalami pertukaran gas dengan udara alveolar, yaitu pelepasan karbon dioksida dan penyerapan oksigen. Secara anatomi, paru-paru diselubungi oleh pleura yang terdiri atas dua lapisan dengan rongga pleura di antaranya. Cairan pleura berfungsi sebagai pelumas yang mengurangi gesekan dan memungkinkan pergerakan paru-paru berlangsung lancar selama proses pernapasan.

B. ANATOMI SISTEM KARDIOVASKULAR

Sistem kardiovaskular terdiri dari:

- 1) Jantung, yang memompa darah ke sirkulasi pulmonal untuk pertukaran gas dan ke sirkulasi sistemik untuk memasok jaringan tubuh; dan
- 2) Pembuluh darah yang membawa darah, termasuk arteri, arteriola, kapiler, venula, dan vena.

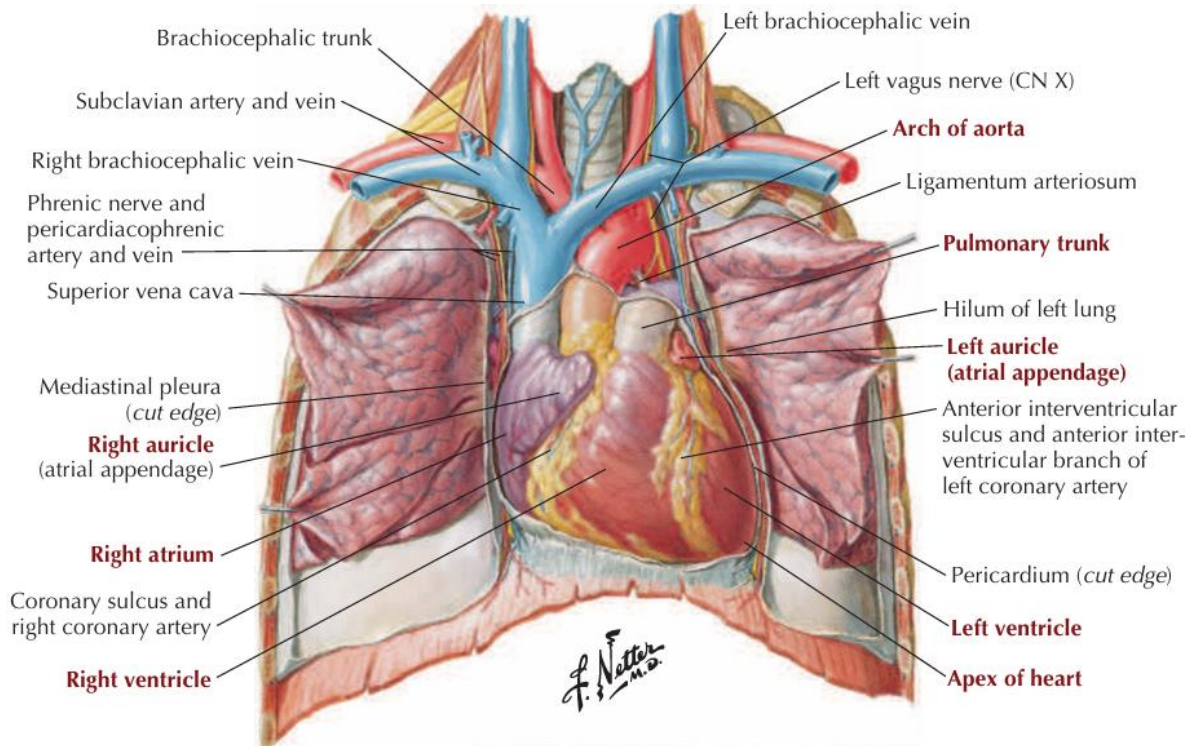
1. Kardio atau Jantung

Jantung manusia berada di dalam rongga dada, tepatnya di antara kedua paru-paru pada suatu ruang yang disebut mediastinum. Di dalam mediastinum, jantung terpisah dari struktur lainnya oleh selaput kuat yang disebut perikardium atau kantung perikardial, dan terletak di dalam ruang khusus yang dinamakan rongga perikardial. Permukaan dorsal jantung berdekatan dengan badan vertebra, sedangkan permukaan anteriornya berada di bawah sternum dan tulang rawan kosta. Pada permukaan superior jantung, yang disebut dasar jantung, melekat pembuluh-pembuluh besar, yaitu vena kava superior dan inferior serta arteri besar seperti aorta dan batang pulmonalis. Dasar jantung terletak setinggi tulang rawan kosta ketiga. Bagian ujung bawah jantung yang disebut apeks terletak sedikit di sebelah kiri tulang dada, tepat di antara pertemuan tulang rusuk/ iga keempat dan kelima, dekat dengan sambungannya pada tulang rawan kosta.

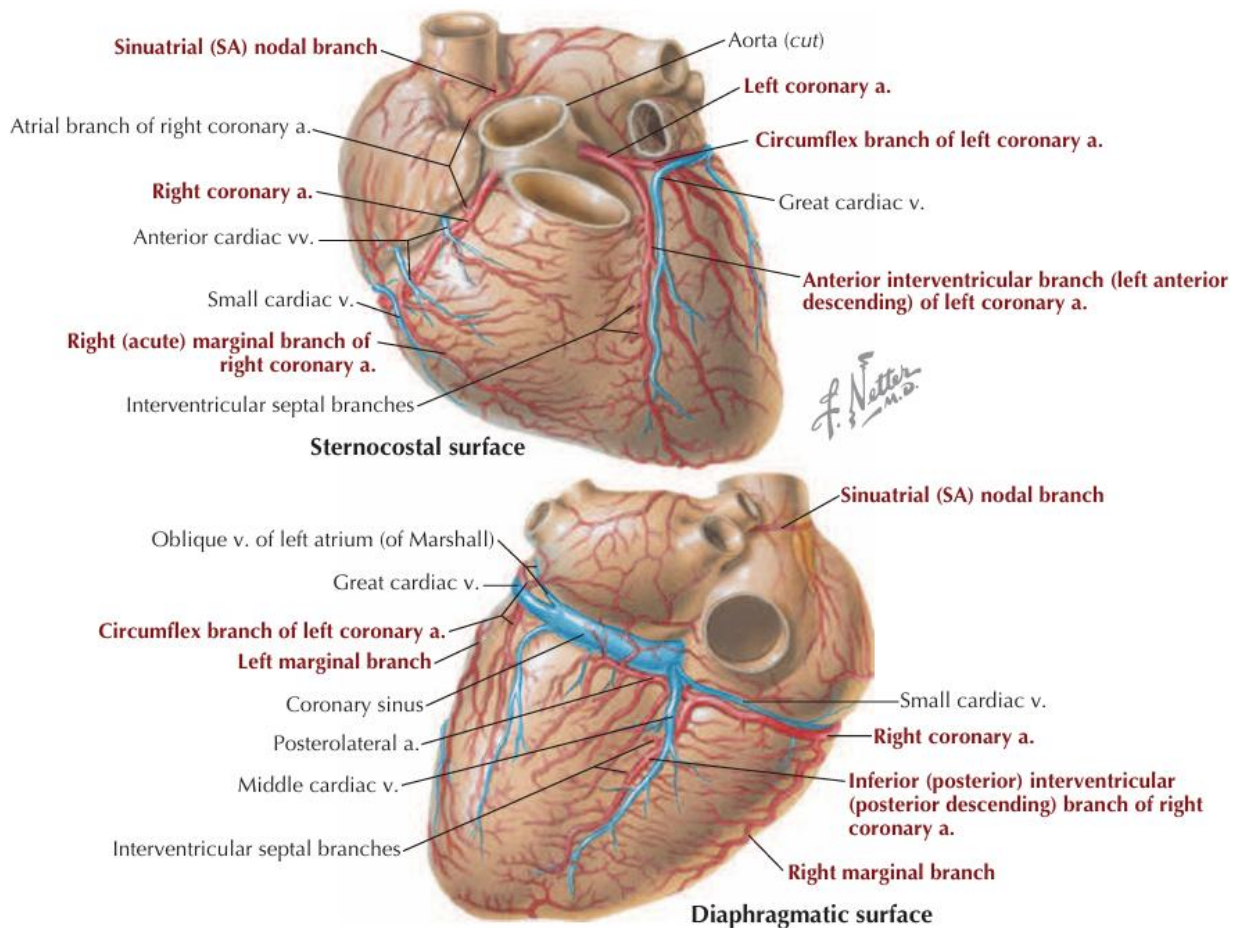
Bentuk jantung mirip dengan buah pinus, agak lebar di permukaan atas dan meruncing ke puncak. Jantung yang khas berukuran kira-kira sebesar kepalan tangan: panjang 12 cm (5 inci), lebar 8 cm (3,5 inci), dan tebal 6 cm (2,5 inci). Mengingat perbedaan ukuran antara sebagian besar anggota jenis kelamin, berat jantung wanita kira-kira 250–300 gram (9 hingga 11 ons), dan berat jantung pria kira-kira 300–350 gram (11 hingga 12 ons).

Jantung merupakan organ berotot yang bekerja sebagai dua pompa yang tersusun secara seri, terdiri atas sisi kanan dan kiri. Kedua atrium berkontraksi secara bersamaan, diikuti oleh kontraksi ventrikel. Bagian kanan jantung berfungsi menerima darah dari sirkulasi sistemik dan memompanya ke paru-paru melalui sirkulasi pulmonal, sedangkan bagian kiri menerima darah dari paru-paru dan memompanya ke sirkulasi sistemik untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi seluruh jaringan tubuh.

Secara anatomi, jantung terletak di mediastinum tengah dengan orientasi khas, yaitu permukaan anterior didominasi oleh atrium kanan dan ventrikel kanan, bagian posterior oleh atrium kiri, serta permukaan inferior terutama oleh ventrikel kiri. Tepi kanan membentuk sudut akut, sedangkan tepi kiri membentuk sudut tumpul. Ujung bawah jantung, apeks, terletak tepat di sebelah kiri sternum di antara persimpangan iga keempat dan kelima di dekat persendiannya dengan tulang rawan kosta. Sisi kanan jantung terdefleksi ke anterior, dan sisi kiri terdefleksi ke posterior.



Gambar 40. Anterior insitu pada jantung (Hansen et al., 2019)



Gambar 41. Arteri koroner dan vena jantung (Hansen et al., 2019)

Jantung adalah organ berotot berongga (otot jantung) yang terbagi menjadi empat ruang:

- **Atrium kanan:** menerima darah dari sirkulasi sistemik melalui vena kava superior dan vena kava inferior.
- **Ventrikel kanan:** menerima darah dari atrium kanan dan memompanya ke sirkulasi pulmonal melalui trunkus pulmonalis dan arteri pulmonalis.
- **Atrium kiri:** menerima darah dari paru-paru melalui vena pulmonalis.
- **Ventrikel kiri:** menerima darah dari atrium kiri dan memompanya ke sirkulasi sistemik melalui aorta.

Atrium dan ventrikel dipisahkan oleh katup atrioventrikular (katup trikuspid di sisi kanan dan katup mitral di sisi kiri) yang mencegah darah mengalir kembali ke atrium ketika ventrikel berkontraksi. Demikian pula, dua pembuluh keluar utama yaitu trunkus pulmonalis dari ventrikel kanan dan aorta ascendens dari ventrikel kiri masing-masing memiliki katup pulmonal (pulmonik) dan katup aorta (keduanya merupakan katup semilunaris).

Sistem kelistrikan jantung berperan penting dalam mengatur irama dan frekuensi detak jantung. Sistem ini terdiri atas tiga komponen utama yang bekerja secara terkoordinasi untuk menghasilkan dan menghantarkan impuls listrik sehingga jantung dapat berkontraksi secara teratur.

1. **Nodus Sinoatrial (SA Node)**

Nodus sinoatrial terletak di bagian atrium kanan jantung dan berfungsi sebagai alat pacu jantung alami (natural pacemaker). Struktur ini menghasilkan impuls listrik secara spontan yang kemudian menyebar ke seluruh dinding atrium. Penyebaran impuls tersebut menyebabkan atrium berkontraksi sehingga darah terdorong menuju ventrikel.

2. **Nodus Atrioventrikular (AV Node)**

Nodus atrioventrikular berada pada septum interatrial, tepatnya di dekat katup trikuspid. Komponen ini berfungsi memperlambat penghantaran impuls listrik sebelum diteruskan ke ventrikel. Penundaan ini penting karena memberikan waktu bagi atrium untuk menyelesaikan kontraksinya sebelum ventrikel mulai berkontraksi.

3. **Sistem His–Purkinje**

Sistem His–Purkinje merupakan jaringan serabut konduksi yang terdapat di sepanjang dinding ventrikel. Jaringan ini bertugas menghantarkan impuls listrik secara cepat ke otot ventrikel, sehingga ventrikel dapat berkontraksi secara serempak dan memompa darah keluar dari jantung.

Secara umum, impuls listrik jantung pertama kali dihasilkan oleh nodus sinoatrial (SA node) dengan frekuensi normal sekitar 60–100 impuls per menit. Impuls ini kemudian menyebar ke atrium sehingga kedua atrium berkontraksi terlebih dahulu. Selanjutnya, impuls listrik diteruskan melalui jalur konduksi menuju ventrikel, yang kemudian berkontraksi untuk memompa darah keluar dari jantung. Dengan demikian, ruang atas jantung (atrium) berkontraksi lebih dahulu sebelum ruang bawah jantung (ventrikel), sehingga proses pemompaan darah dapat berlangsung secara efisien.

2. **Pembuluh Darah**

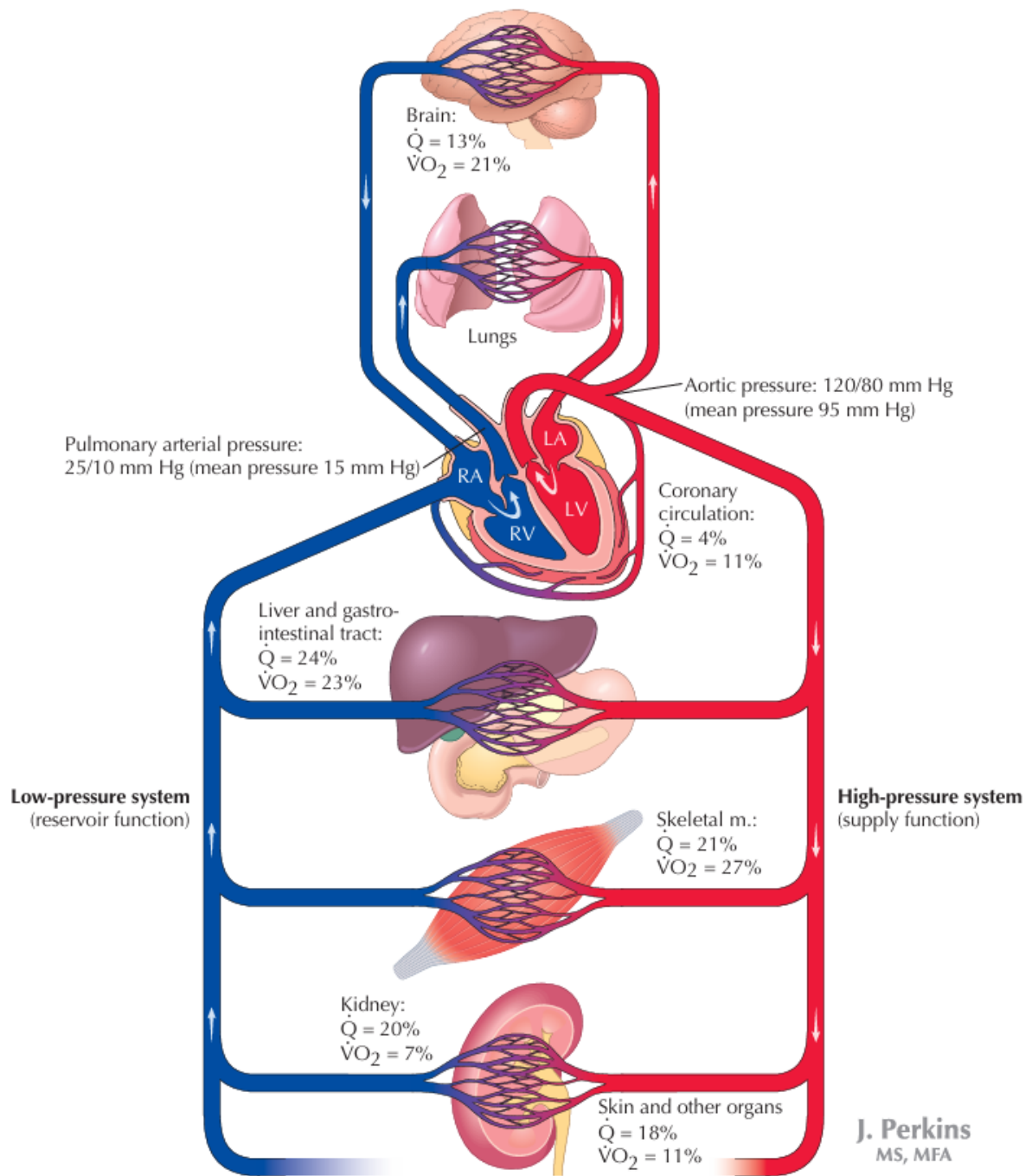
Darah dibawa ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah. Darah yang mengalir melalui sistem kardiovaskular terdiri dari unsur-unsur berikut: trombosit (platelet); sel darah putih (WBC); sel darah merah (RBC) dan plasma. Darah bersirkulasi melalui pembuluh darah. Arteri membawa darah menjauhi jantung, sedangkan vena membawa darah kembali ke jantung. Mekanisme peredaran darah pada manusia terdiri atas dua sistem utama, yakni sistem peredaran darah pulmonalis (peredaran darah kecil/pendek) dan sistem peredaran darah sistemik (peredaran darah besar/panjang), dapat dilihat pada Gambar. Sistem Kardiovaskular.

- a. **Sistem peredaran darah pulmonalis** (peredaran darah kecil/pendek), yaitu sistem peredaran dari jantung, menuju ke paru-paru dan kembali ke jantung.

Mekanismenya: ventrikel berkontraksi → katup trikuspid tertutup → katup semilunar arteri paru paru terbuka → darah kaya CO₂ dari ventrikel kanan dibawa oleh arteri pulmonalis → menuju ke paru-paru kanan dan kiri → di paru-paru darah melepaskan CO₂ → darah mengambil O₂ di paru paru → darah kaya O₂ dibawa oleh vena pulmonalis → menuju ke atrium kiri → ventrikel relaksasi → katup bikuspid terbuka → darah mengalir ke ventrikel kiri.

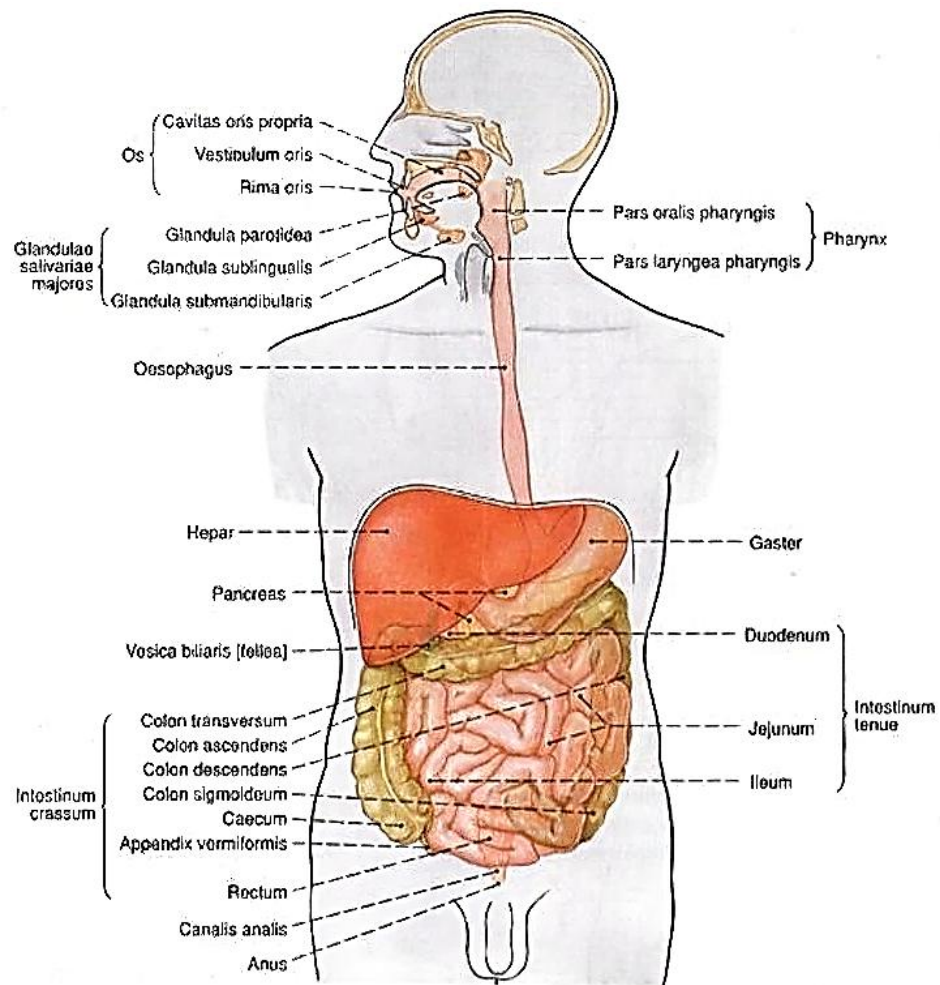
- b. **Sistem peredaran darah sistemik** (peredaran darah besar/panjang), yaitu merupakan sistem peredaran darah dari jantung, diedarkan ke seluruh tubuh, dan kembali ke jantung.

Mekanismenya: ventrikel berkontraksi → katup bikuspid tertutup → katup semilunar aorta terbuka → darah kaya O₂ dari ventrikel kiri masuk ke aorta → darah kaya O₂ dibawa oleh arteri diedarkan ke seluruh tubuh (kecuali paru-paru) → darah melepaskan O₂ dan mengambil CO₂ dari seluruh jaringan tubuh → darah kaya CO₂ dibawa oleh vena kava → menuju ke atrium kanan → ventrikel relaksasi → katup trikuspid terbuka → darah mengalir ke ventrikel kanan.



Gambar 42. Sistem kardiovaskular (Hansen et al., 2019)

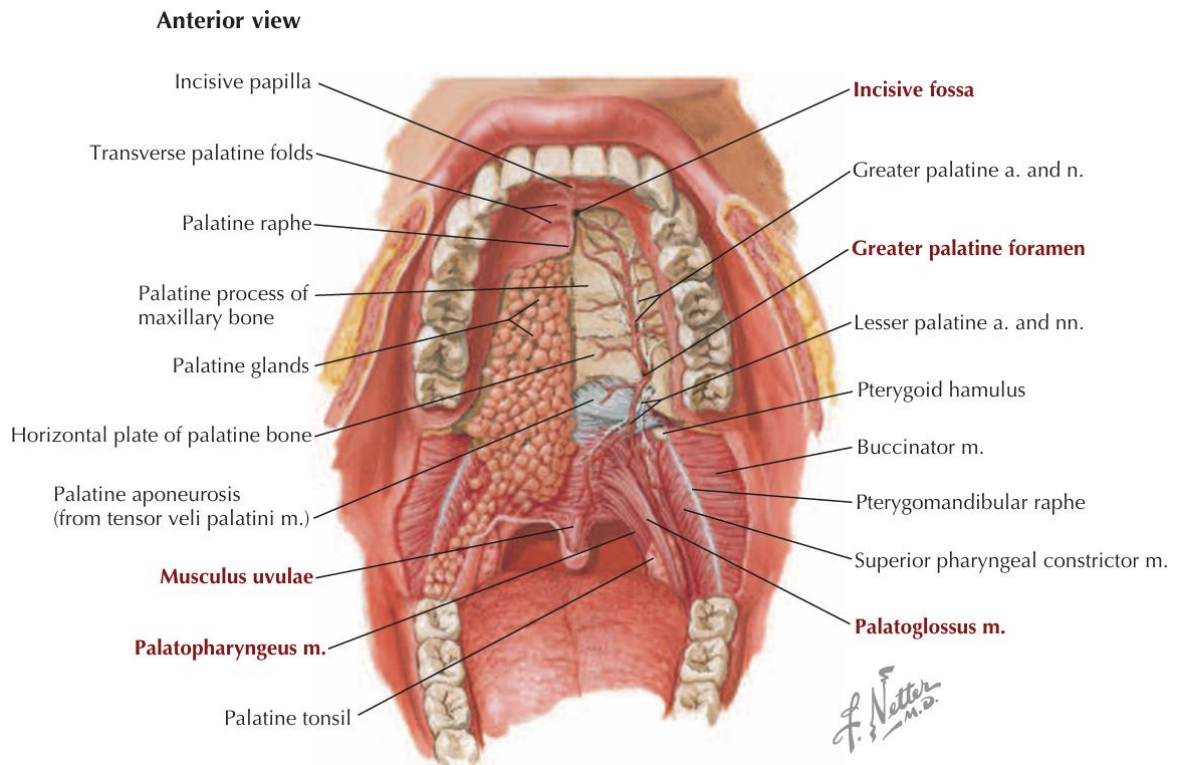
C. ANATOMI SISTEM PENCERNAAN



Gambar 43. Gambaran Sistem Pencernaan; tampak medial atau ventral (Putz dan Pabst, 2003)

- **Mulut**

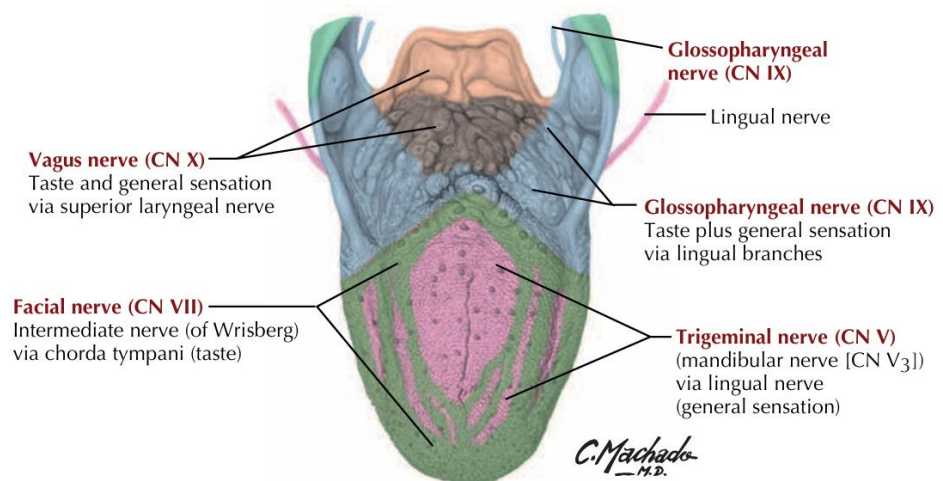
Pipi, lidah, dan langit-langit mulut membentuk rongga mulut, yang juga disebut rongga mulut (atau rongga bukal). Di pintu masuk mulut terdapat bibir, atau labia (tunggal = labium). Lapisan luarnya adalah kulit, yang bertransisi menjadi selaput lendir di dalam mulut. Bibir sangat kaya akan pembuluh darah dengan lapisan keratin yang tipis; oleh karena itu, bibir berwarna "merah."



Gambar 44. Rongga Mulut dengan Diseksi Sebagian Langit-langit Mulut (Putz dan Pabst, 2003)

❖ **Lidah**

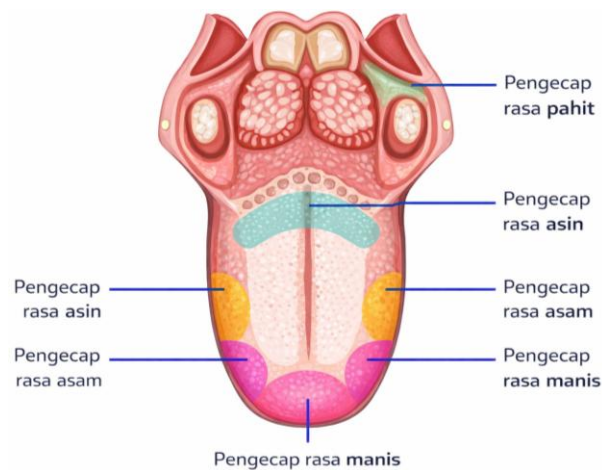
Persarafan sensori lidah terdiri dari pengecapan (rasa) dan sensasi umum (sentuhan, suhu, nyeri). Dua pertiga anterior lidah diatur oleh saraf fasialis (CN VII) untuk rasa dan saraf trigeminus (CN V) untuk sensasi umum, sedangkan sepertiga posterior diatur oleh saraf glosfaringeal (CN IX) untuk keduanya.



Gambar 45. Persarafan Sensori Lidah (Hansen et al., 2019)

Pada permukaan lidah terdapat bagian khusus berupa tonjolan-tonjolan kecil yang bisa menerima rangsangan kimia, bagian ini disebut dengan ujung pengecap atau papila. Setiap ujung pengecap atau papila memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap rangsangan yang dapat dirasakan.

- Rasa manis ditimbulkan oleh gugus OH dalam molekul organik. Contohnya terdapat pada gula, keton, dan asam amino tertentu.
- Rasa pahit ditimbulkan oleh rangsangan alkaloid. Contohnya terdapat pada kopi dan lain sebagainya.
- Rasa Asin ditimbulkan oleh rangsangan kation Na^+ , K^+ dan Ca^+ .
- Rasa Asam ditimbulkan oleh rangsangan ion hidrogen.



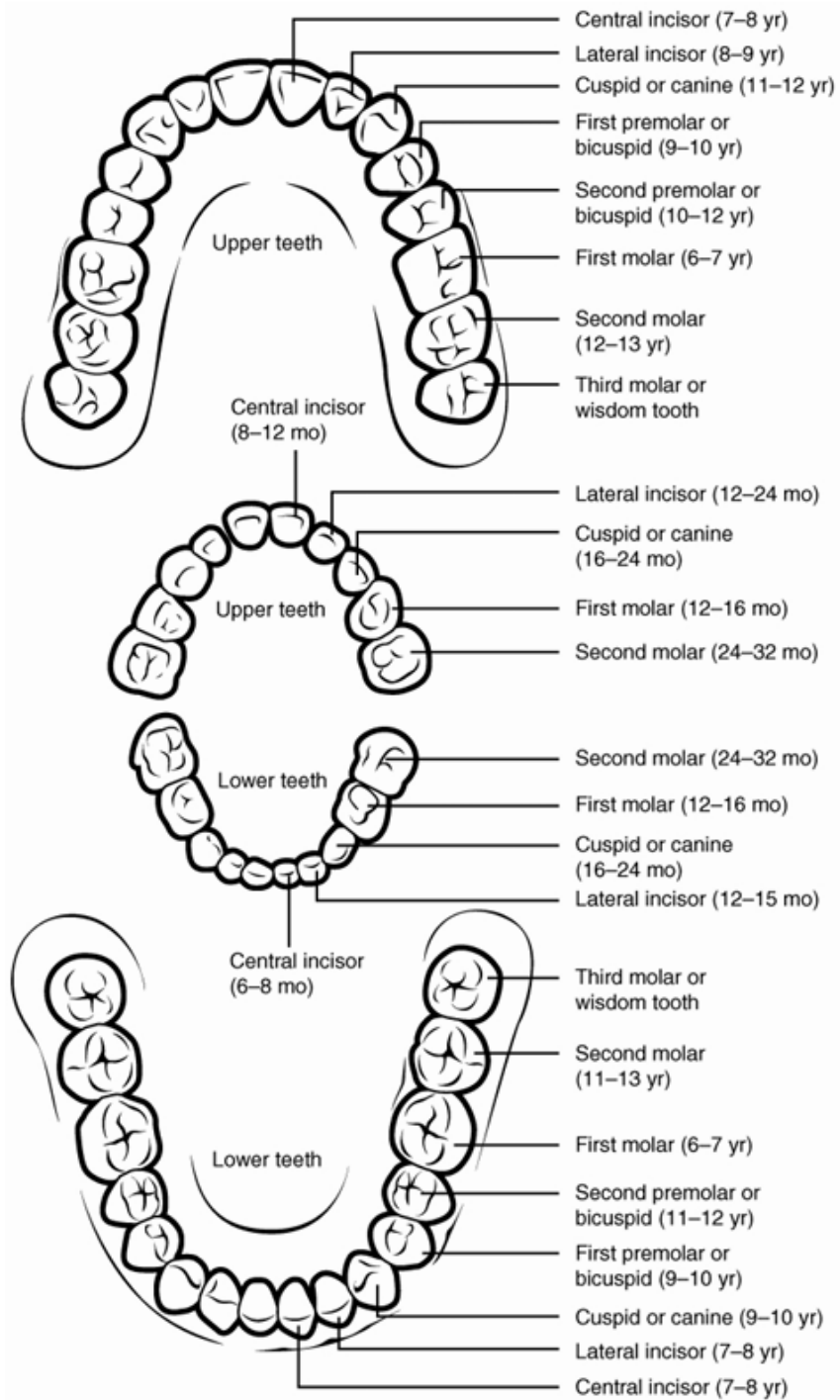
Gambar 46. Pengecapan di Lidah

❖ Gigi

Gigi tertanam pada prosesus alveolaris (soket) dari maksila dan mandibula. Gingiva (yang umum disebut sebagai gusi) merupakan jaringan lunak yang melapisi prosesus alveolaris serta mengelilingi bagian leher gigi. Selain itu, gigi dipertahankan posisinya di dalam soket oleh jaringan ikat yang disebut ligamen periodontal.

Selama masa kehidupan, manusia memiliki dua set gigi (satu set gigi disebut dentisi). Dua puluh gigi desidui atau gigi susu mulai muncul sekitar usia 6 bulan. Antara usia kurang lebih 6 hingga 12 tahun, gigi-gigi tersebut akan digantikan oleh 32 gigi permanen. Susunan gigi permanen, apabila diurutkan dari garis tengah rongga mulut ke arah lateral, adalah sebagai berikut:

- Delapan gigi insisivus, terdiri atas empat di rahang atas dan empat di rahang bawah, merupakan gigi depan yang tajam dan digunakan untuk menggigit makanan.
- Empat gigi kaninus (atau taring) terletak di samping insisivus dan memiliki ujung runcing untuk merobek makanan. Gigi yang menyerupai taring ini sangat efektif untuk menusuk makanan yang keras atau berdaging.
- Di belakang kaninus terdapat delapan gigi premolar (atau bikuspid) yang memiliki bentuk relatif lebih datar dengan dua tonjolan membulat, berguna untuk menghancurkan makanan.
- Bagian paling posterior dan berukuran paling besar adalah dua belas gigi molar, yang memiliki beberapa tonjolan runcing untuk menggiling makanan hingga siap ditelan. Gigi molar ketiga pada setiap sisi, baik atas maupun bawah, dikenal sebagai gigi bungsu karena erupsinya biasanya terjadi lebih lambat, yaitu pada awal masa dewasa.

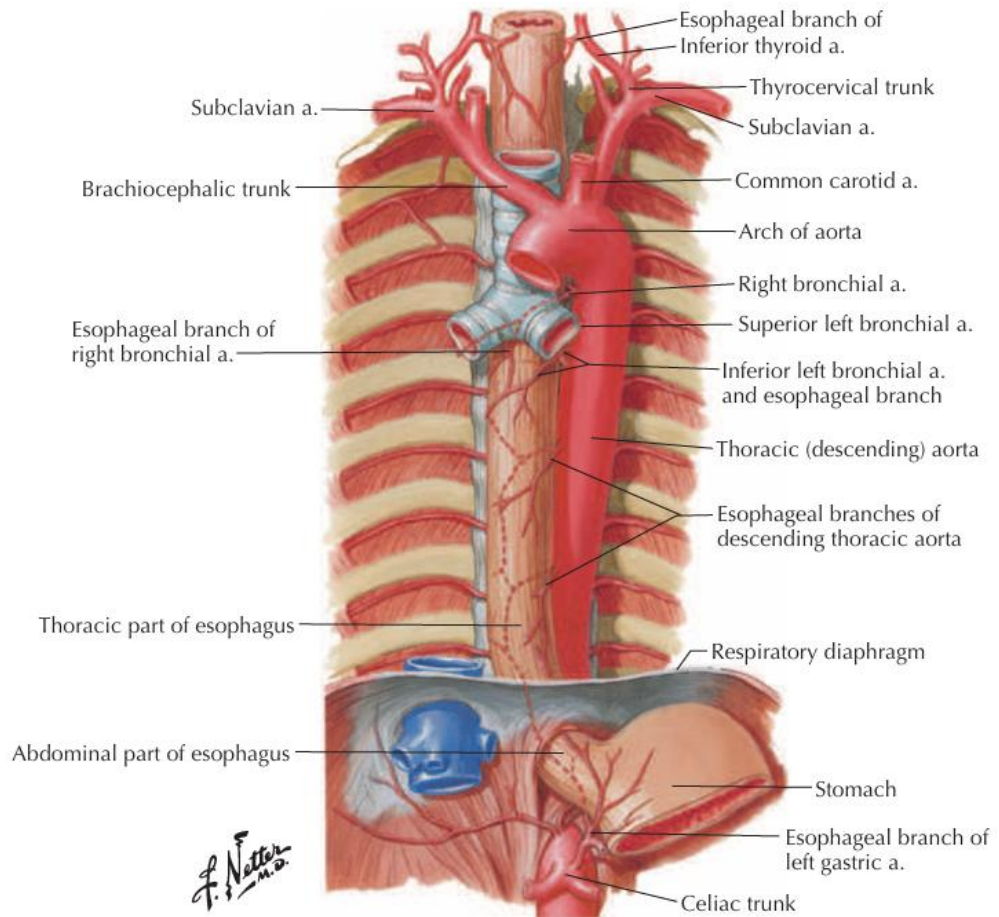


Gambar 47. Gigi Permanen dan Gigi Susu (Bets et al., 2017)

- **Esofagus (Kerongkongan)**

Esofagus atau kerongkongan adalah tabung berotot yang menghubungkan faring ke lambung. Panjangnya sekitar 25,4 cm (10 inci), terletak di posterior trakea, dan tetap dalam bentuk kolaps ketika tidak terlibat dalam menelan. Kerongkongan sebagian besar berjalan lurus melalui mediastinum

toraks. Untuk memasuki rongga perut, kerongkongan menembus diafragma melalui lubang yang disebut hiatus esofagus.



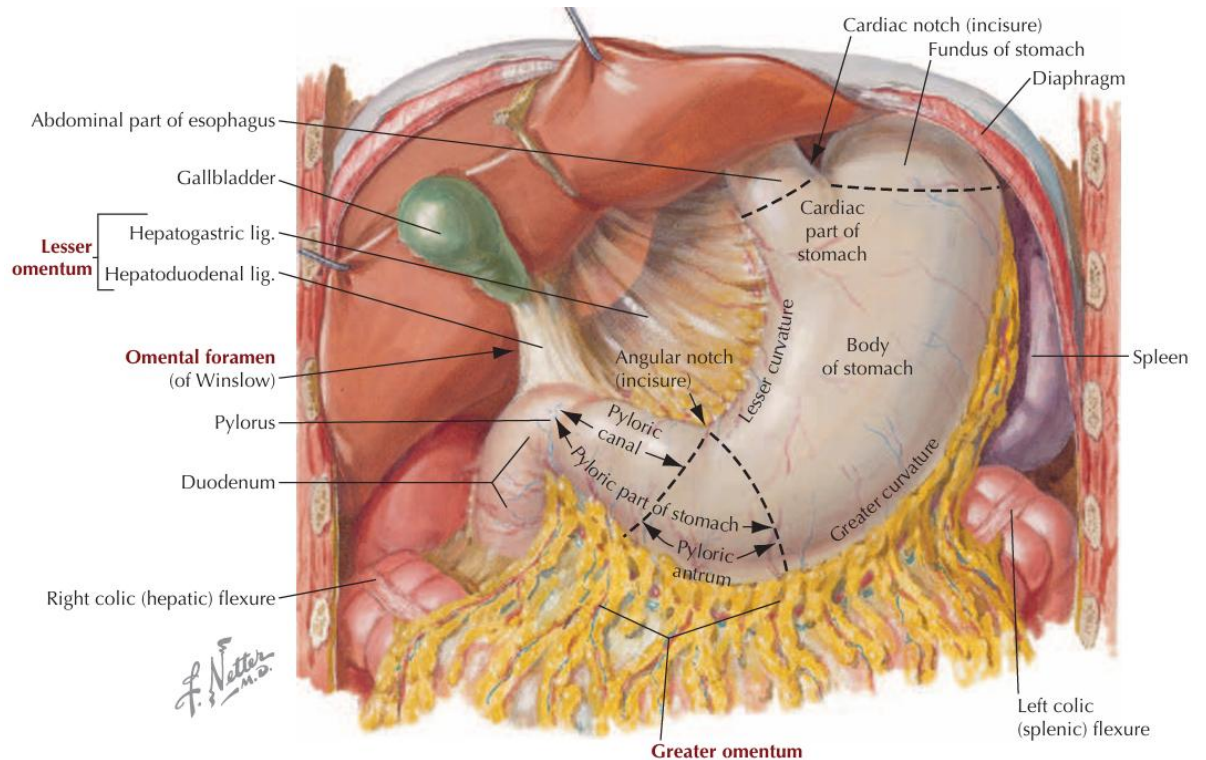
Gambar 48. Esofagus dan Aorta Toraks (Hansen et al., 2019)

- **Lambung**

Lambung terbagi menjadi empat wilayah utama, yaitu kardia, fundus, korpus (badan), dan pilorus. **Kardia**, atau regio kardiak, merupakan bagian tempat esofagus bermuara ke lambung dan menjadi jalur masuknya makanan ke dalam lambung. **Fundus** berbentuk kubah dan terletak di bawah diafragma, berada di atas serta sedikit ke kiri dari kardia. Di bawah fundus terdapat **korpus**, yang merupakan bagian terbesar dan utama dari lambung.

Pilorus berbentuk menyerupai corong dan berfungsi menghubungkan lambung dengan duodenum. Ujung corong yang lebih lebar, yaitu antrum pilorus, berhubungan dengan badan lambung, sedangkan bagian yang lebih sempit disebut kanalis pilorus yang bermuara ke duodenum. Pada titik pertemuan tersebut terdapat sfingter pilorus yang tersusun dari otot polos

dan berperan dalam mengatur pengosongan lambung. Dalam kondisi tanpa adanya makanan, lambung akan mengempis ke arah dalam, sehingga lapisan mukosa dan submukosanya membentuk lipatan besar yang disebut ruga.

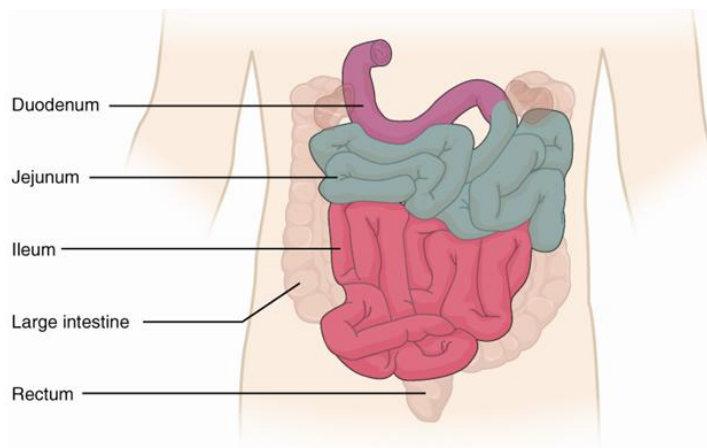


Gambar 49. Lambung (Hansen et al., 2019)

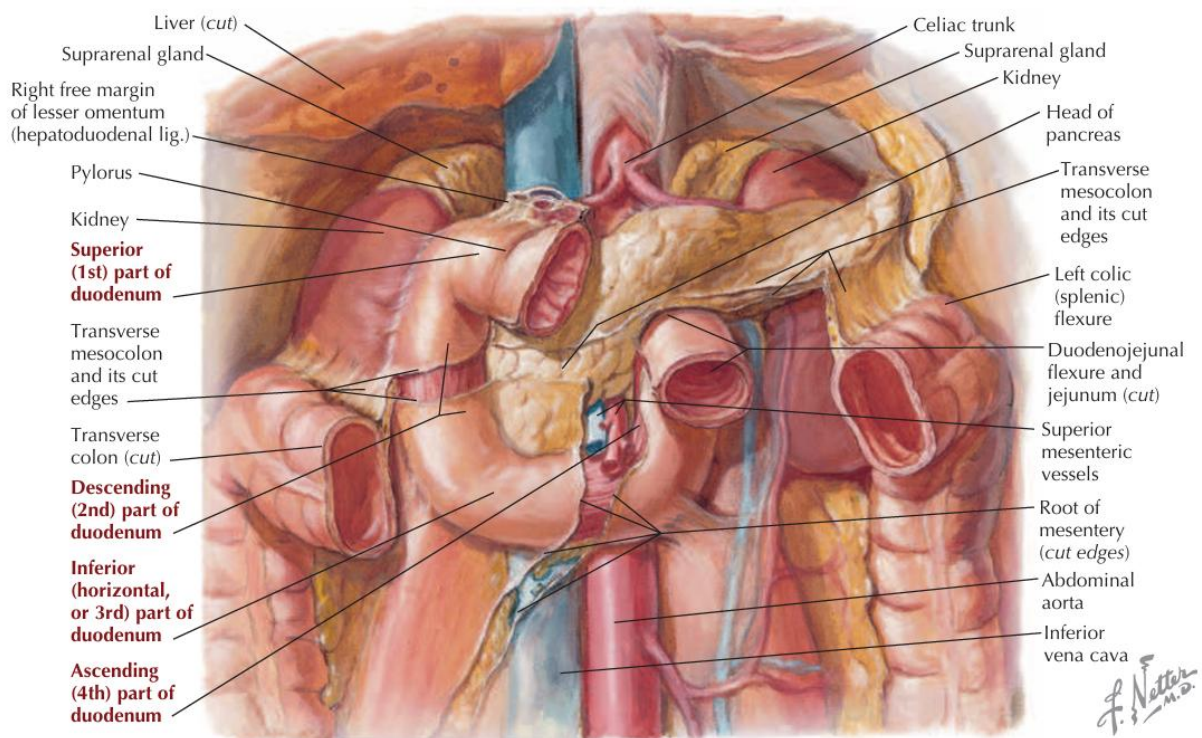
- **Usus Halus**

Usus halus merupakan bagian terpanjang dari saluran pencernaan, dengan panjang sekitar 3,05 meter pada individu hidup. Diameter usus halus sekitar 2,54 cm. Usus halus yang berbentuk tabung berkelok dibagi menjadi tiga bagian utama. Secara berurutan dari bagian proksimal (dekat lambung) hingga distal, ketiga bagian tersebut adalah duodenum, jejunum, dan ileum. Bagian terpendek adalah **duodenum**, dengan panjang sekitar 25,4 cm, yang dimulai dari sfingter pilorus. Setelah melewati sfingter pilorus, duodenum melengkung ke arah posterior di belakang peritoneum sehingga bersifat retroperitoneal. Selanjutnya, bagian ini membentuk lengkungan menyerupai huruf C yang mengelilingi kepala pankreas, sebelum kembali naik ke arah anterior untuk masuk kembali ke rongga peritoneum dan berlanjut menjadi jejunum.

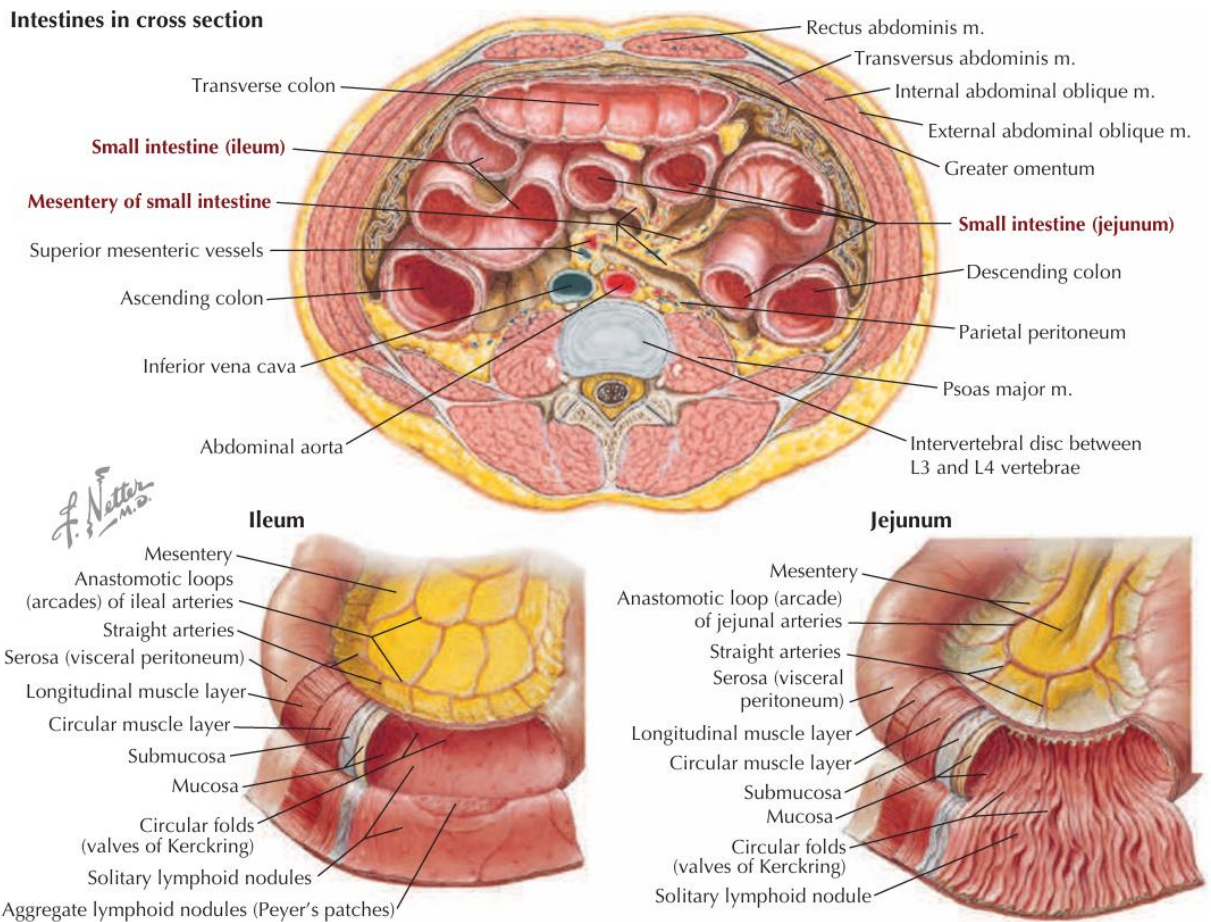
Jejunum memiliki panjang sekitar 0,9 meter. Tidak terdapat batas anatomis yang tegas antara jejunum dan segmen terakhir usus halus, yaitu ileum. **Ileum** merupakan bagian terpanjang dari usus halus (sekitar 1,8 meter). Struktur ileum lebih tebal, memiliki vaskularisasi yang lebih kaya, serta menunjukkan perkembangan lipatan mukosa yang lebih menonjol dibandingkan jejunum. Ileum bermuara ke sekum, yaitu bagian awal usus besar, melalui sfingter ileosekal. Baik jejunum maupun ileum melekat pada dinding posterior abdomen melalui mesenterium. Secara keseluruhan, usus besar mengelilingi ketiga bagian usus halus tersebut.



Gambar 50. Usus Halus (Bets et al., 2017)



Gambar 51. Duodenum (Hansen et al., 2019)



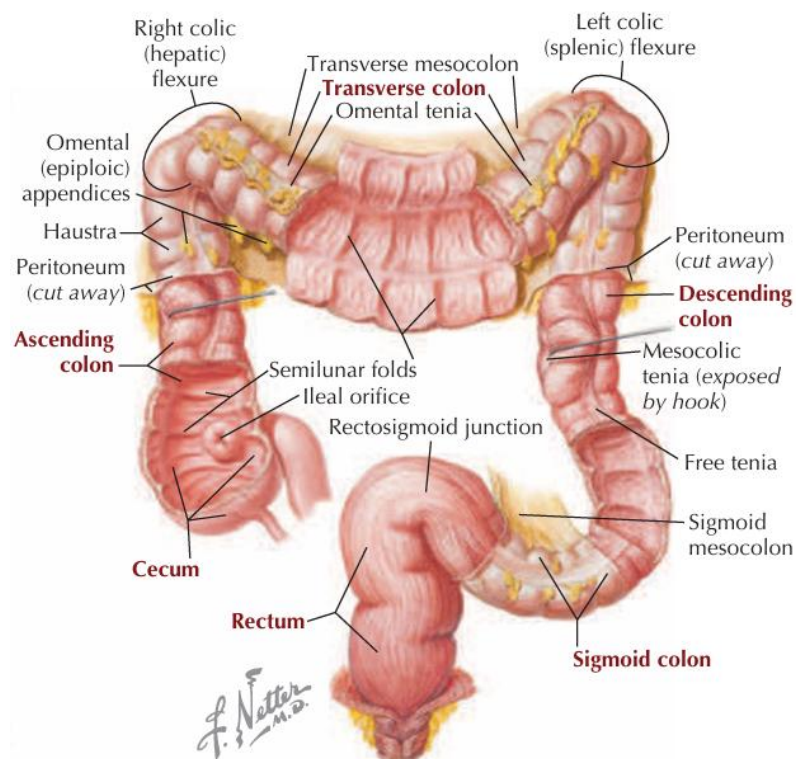
Gambar 52. Jejunum dan Ileum (Hansen et al., 2019)

- **Usus besar**

Usus besar merupakan bagian terminal dari saluran pencernaan. Usus besar membentang dari apendiks hingga anus dan mengelilingi usus halus pada tiga sisinya. Meskipun panjangnya hanya sekitar setengah dari panjang usus halus, organ ini disebut “besar” karena diameternya lebih dari dua kali lipat diameter usus halus, yaitu sekitar 3 inci. Usus besar terbagi menjadi empat bagian utama, yaitu sekum, kolon, rektum, dan anus. Katup ileosekal, yang terletak pada perbatasan antara ileum dan usus besar, berfungsi mengatur aliran kimus dari usus halus menuju usus besar.

Sekum, yaitu struktur berbentuk kantung yang terletak menggantung di bawah katup ileosekal. Panjangnya sekitar 6 cm. Apendiks (atau apendiks vermiformis) merupakan saluran sempit berkelok yang melekat

pada sekum. Sekum berlanjut secara langsung dengan **kolon**. Setelah memasuki kolon, sisa makanan pertama-tama bergerak naik melalui kolon asendens yang terletak di sisi kanan abdomen. Bagian akhir saluran pencernaan sepanjang sekitar 20,3 cm adalah **rektum**, yang memanjang di bagian anterior sakrum dan koksiks. Selanjutnya, sisa makanan mencapai bagian terakhir usus besar, yaitu **saluran anus**, yang terletak di daerah perineum dan sepenuhnya berada di luar rongga abdominopelvik. Struktur ini memiliki panjang sekitar 3,8–5 cm dan bermuara ke bagian luar tubuh melalui anus. Saluran anus memiliki dua sfingter, yaitu sfingter anal internal yang tersusun dari otot polos dengan kontraksi yang bersifat involunter, serta sfingter anal eksternal yang tersusun dari otot rangka dan berada di bawah kendali volunter. Dalam kondisi normal, kecuali saat proses defekasi, kedua sfingter tersebut tetap dalam keadaan tertutup.

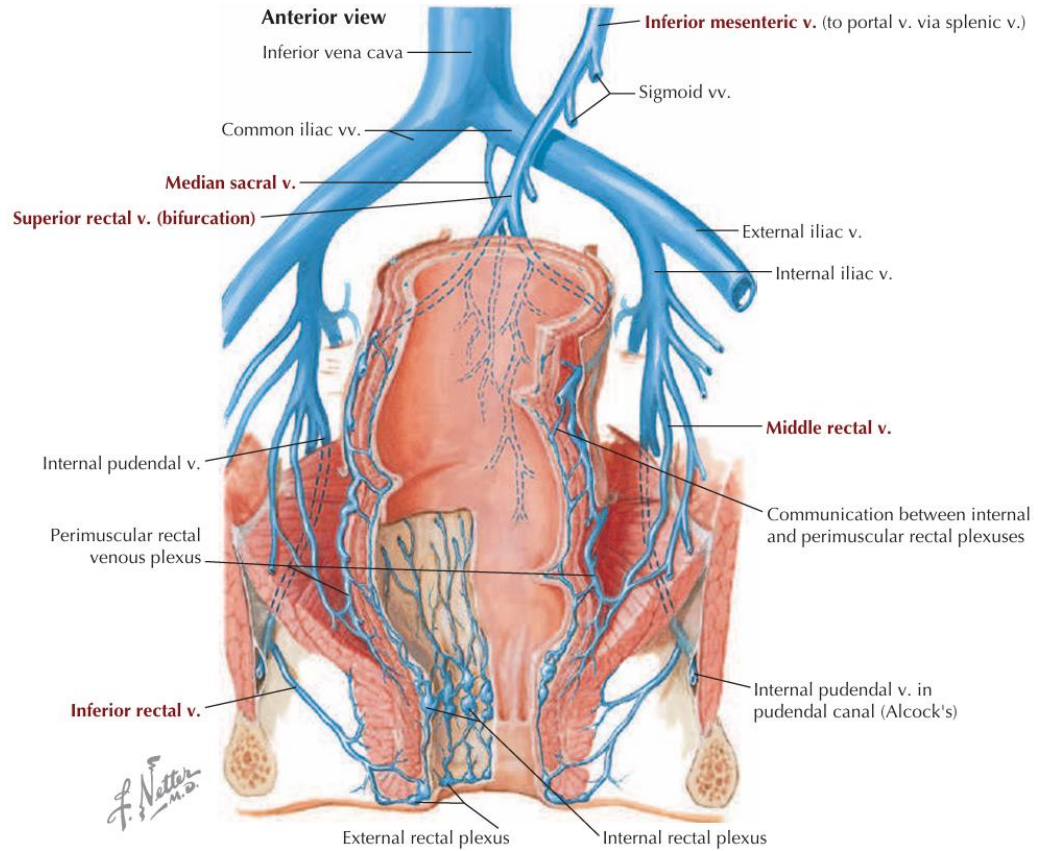


Gambar 53. Usus besar (Hansen et al., 2019)

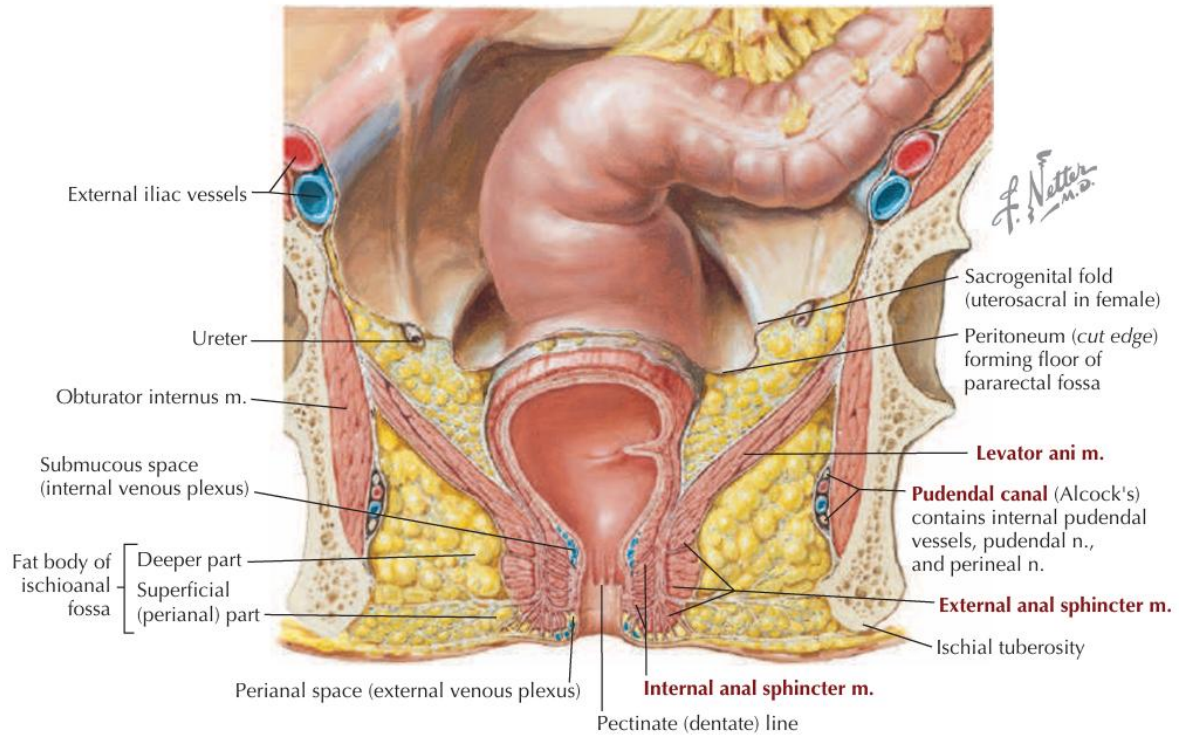
- **Rektum dan Anus**

Sisa pencernaan dari kolon sigmoid akan masuk ke rektum yang terletak di rongga pelvis setinggi vertebra sakral ketiga. Rektum merupakan bagian terminal saluran pencernaan dengan panjang sekitar 20,3 cm dan terletak di anterior sakrum serta koksiks. Walaupun secara etimologis berarti “lurus,”

rektum sebenarnya mengikuti kelengkungan tulang sakrum dan membentuk tiga lekukan lateral yang menghasilkan lipatan transversal internal yang dikenal sebagai katup rektal. Struktur ini berfungsi memisahkan gas dari massa fekes sehingga proses pengeluarannya dapat berlangsung lebih terkontrol.



Gambar 54. Rektum dan Saluran Anus (Hansen et al., 2019)

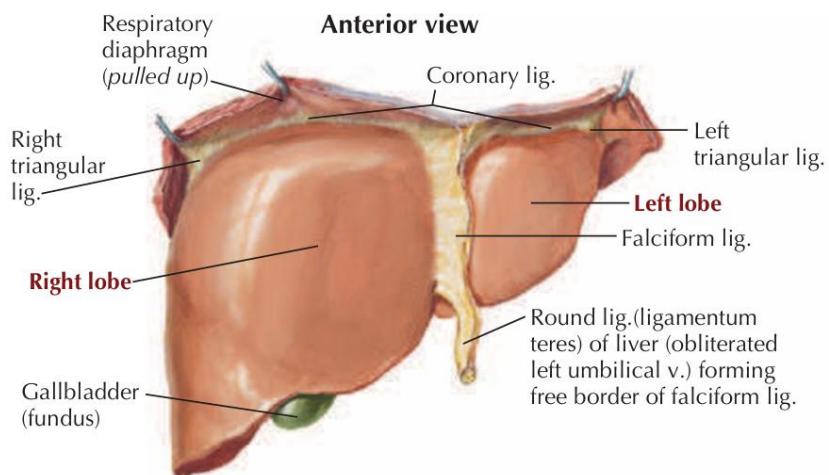


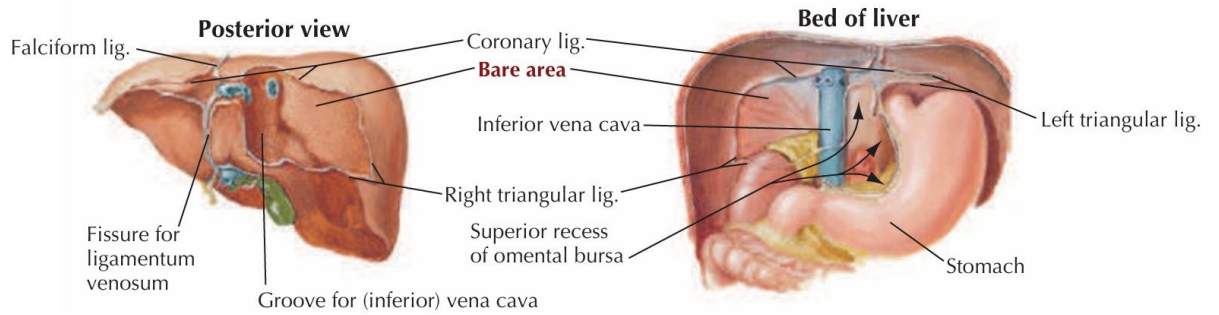
Gambar 55. Saluran Anus (Hansen et al., 2019)

Organ Tambahan

- **Liver atau hati**

Hati terletak di bagian inferior diafragma, tepatnya pada kuadran kanan atas rongga abdomen, serta memperoleh perlindungan dari tulang rusuk di sekitarnya. Secara anatomis, hati terbagi menjadi dua lobus utama, yaitu lobus kanan yang berukuran besar dan lobus kiri yang jauh lebih kecil.

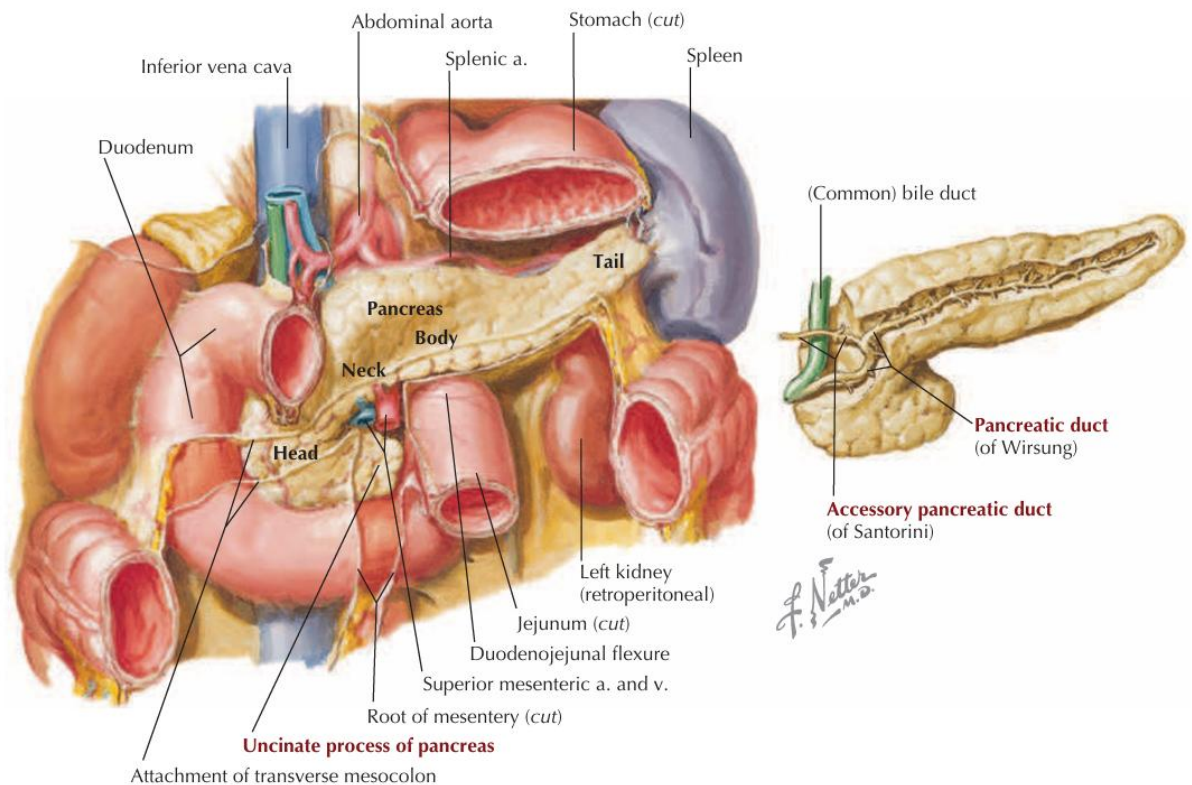




Gambar 56. Berbagai Tampilan Liver dan Dasar Liver (Hansen et al., 2019)

- **Pankreas**

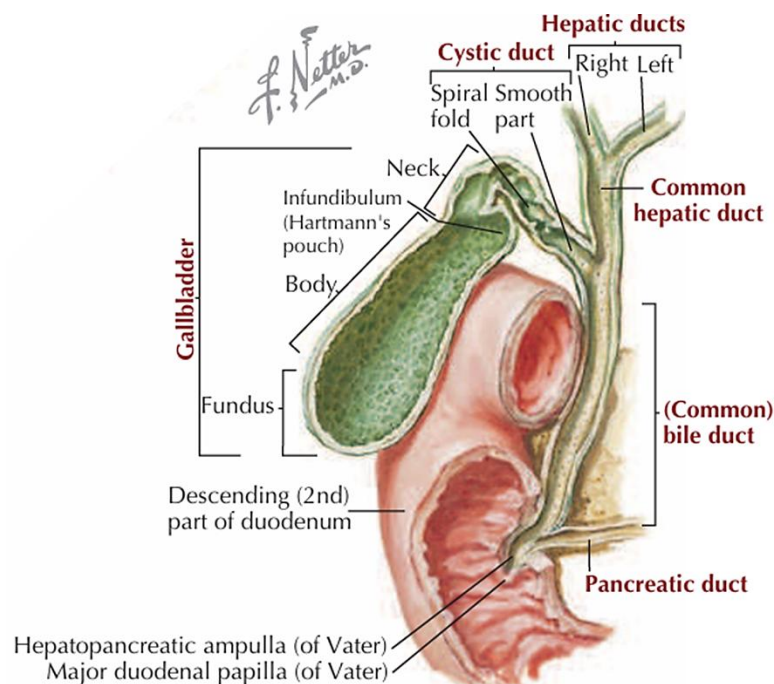
Pankreas merupakan organ kelenjar yang lunak, berbentuk memanjang, dan terletak secara transversal di ruang retroperitoneal di belakang lambung. Bagian kepalanya berada di dalam lengkungan berbentuk huruf C dari duodenum, sementara badannya memanjang ke arah kiri sekitar 15,2 cm dan berakhir sebagai ekor yang meruncing di hilum limpa.



Gambar 57. Pankreas (Hansen et al., 2019)

- **Kandung Empedu (*Gallbladder*)**

Kandung empedu memiliki panjang sekitar 8–10 cm dan terletak pada lekukan dangkal di permukaan posterior lobus kanan hati. Struktur berupa kantung berotot ini berfungsi menyimpan, memekatkan, serta—ketika distimulasi—menyalurkan empedu ke duodenum melalui duktus biliaris komunis. Secara anatomis, kandung empedu terbagi menjadi tiga bagian. Fundus merupakan bagian yang paling lebar dan menyempit ke arah medial menjadi korpus, yang selanjutnya meruncing membentuk leher. Leher kandung empedu sedikit mengarah ke superior saat mendekati duktus hepaticus. Duktus sistikus, dengan panjang sekitar 1–2 cm, melengkung ke arah inferior dan menghubungkan leher kandung empedu dengan duktus hepaticus.



Gambar 58. Kandung Empedu (Hansen et al., 2019)

PERCOBAAN III

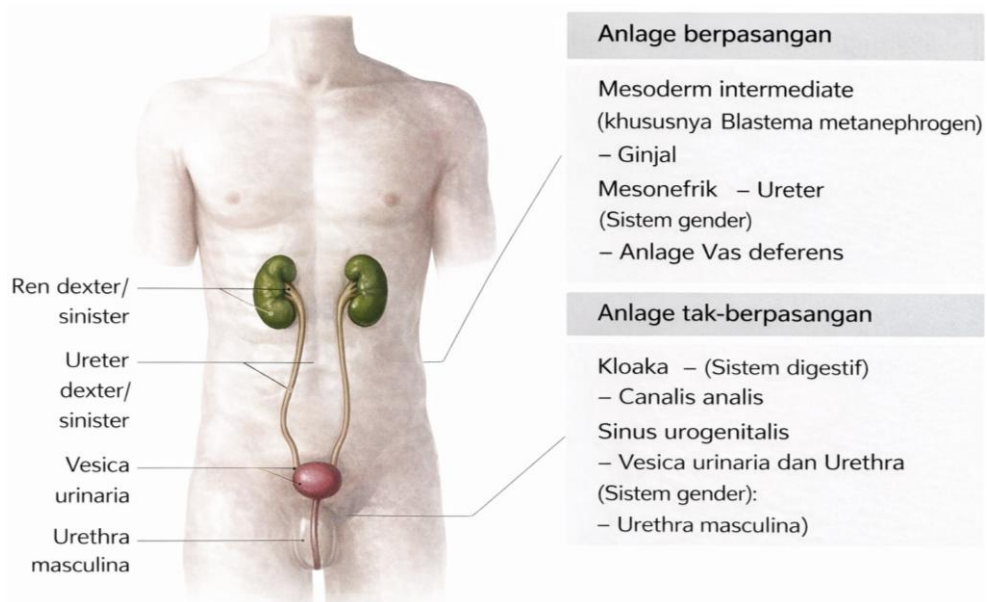
ANATOMI SISTEM URINARI DAN REPRODUKSI

I. Tujuan Percobaan

Mempelajari anatomi sistem urinari serta anatomi sistem reproduksi (pada pria dan wanita) pada manusia

II. Dasar Teori

A. ANATOMI SISTEM URINARI

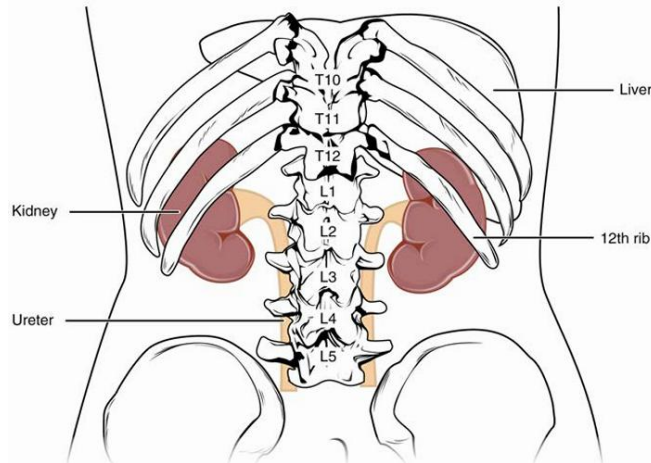


Gambar 59. Organ Urinaria

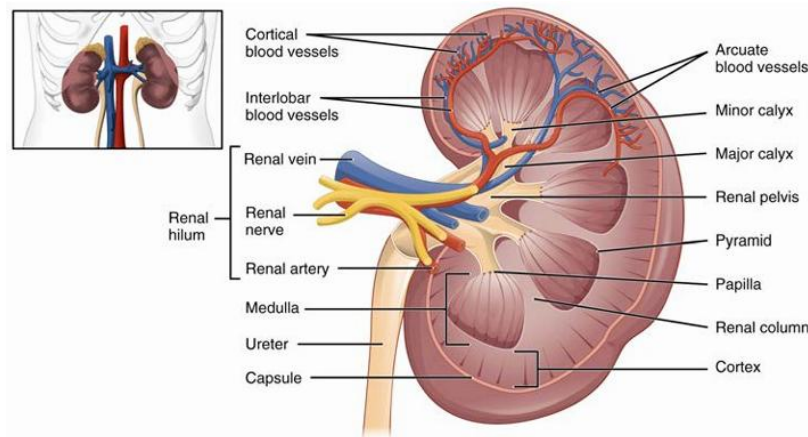
1. Ginjal

Ginjal kiri terletak pada kisaran vertebra torakal ke-12 hingga lumbal ke-3, sedangkan ginjal kanan berada sedikit lebih rendah akibat terdorong oleh posisi hati. Bagian superior kedua ginjal sebagian terlindungi oleh iga ke-11 dan ke-12. Setiap ginjal memiliki massa sekitar 125–175 gr pada pria dan 115–155 gr pada wanita. Secara umum, ginjal berukuran panjang sekitar 11–14 cm, lebar ± 6 cm, dan tebal sekitar 4 cm. Organ ini diselubungi secara langsung oleh kapsul fibrosa yang tersusun dari jaringan ikat padat tidak teratur, yang berfungsi mempertahankan bentuk sekaligus memberikan perlindungan. Di luar kapsul tersebut terdapat lapisan jaringan adiposa perirenal yang berperan sebagai bantalan peredam guncangan, yang kemudian diselubungi lagi oleh fascia ginjal yang kuat. Fascia ini, bersama peritoneum yang

menutupinya, berfungsi menambatkan ginjal secara kokoh pada dinding posterior abdomen dalam posisi retroperitoneal.



Gambar 60. Ginjal (Bets et al., 2017)



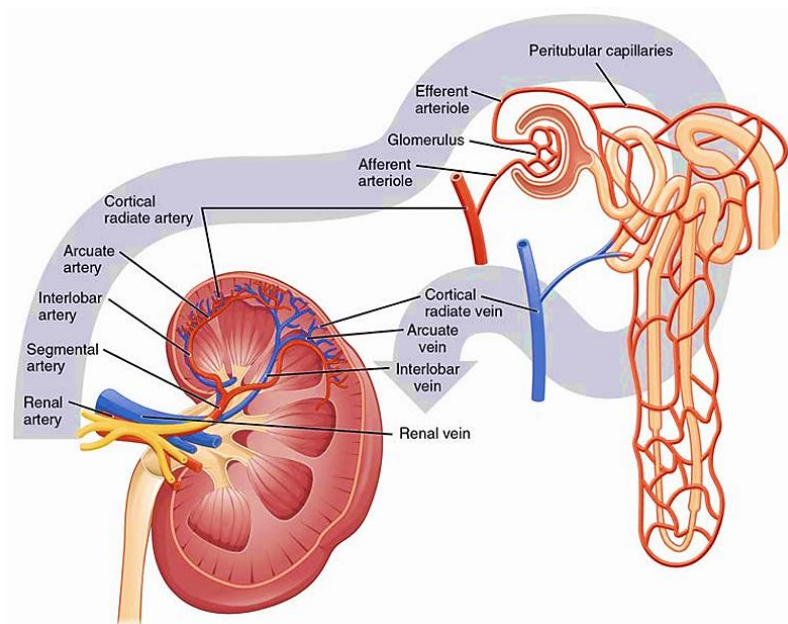
Gambar 61. Ginjal Kiri (Bets et al., 2017)

Penampang melintang ginjal memperlihatkan bagian luar yang disebut korteks ginjal dan bagian dalam yang disebut medula, dapat dilihat pada Gambar Ginjal Kiri. Hilum ginjal (*renal hilum*) adalah area anatomis yang berfungsi sebagai jalur masuk dan keluar berbagai struktur penting, termasuk pembuluh darah, saraf, pembuluh limfatik, serta ureter. Struktur hilum yang menghadap ke sisi medial berada pada lekukan yang mengikuti bentuk cembung korteks ginjal. Dari bagian ini terbentuk pelvis renalis, yang merupakan hasil penyatuan kaliks mayor dan kaliks minor di dalam ginjal. Otot polos pada pelvis renalis berperan dalam mendorong urine menuju ureter melalui mekanisme peristaltik. Arteri renalis berasal secara langsung dari aorta desendens, sedangkan vena renalis membawa darah yang telah difiltrasi menuju vena

kava inferior. Secara anatomis, posisi arteri, vena, dan pelvis renalis tersusun berurutan dari arah anterior ke posterior.

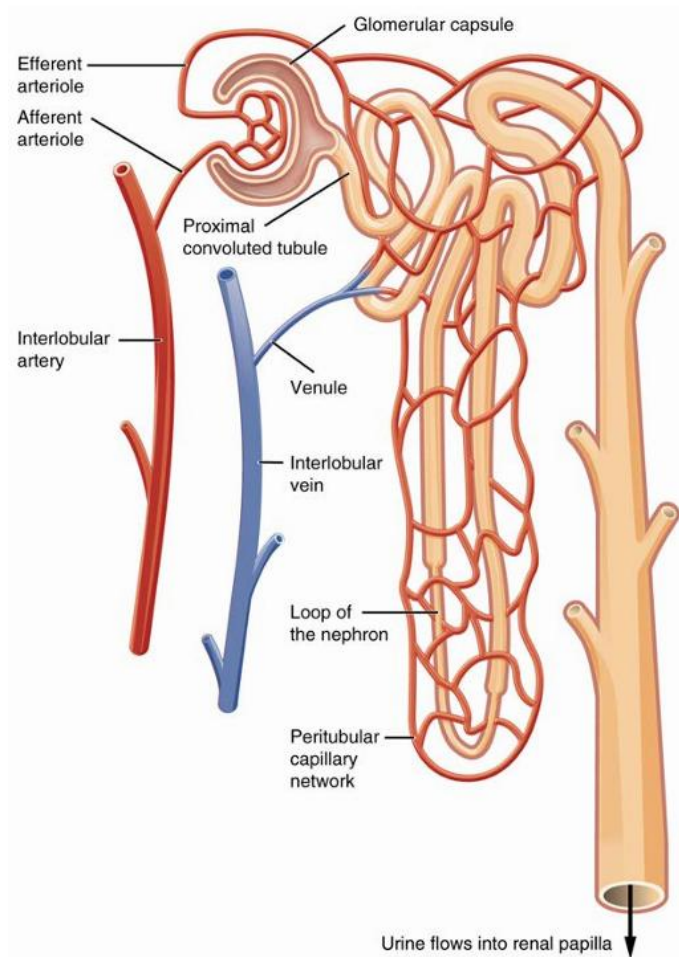
- Nefron dan pembuluh darah

Nefron merupakan unit fungsional utama ginjal yang bertanggung jawab dalam proses penyaringan darah serta pengaturan keseimbangan zat-zat dalam sirkulasi. Arteriol aferen membentuk jaringan kapiler bertekanan tinggi yang disebut glomerulus, dengan diameter sekitar 200 μm . Struktur nefron selanjutnya berupa sistem tubulus yang kompleks dan berkesinambungan, di mana bagian proksimalnya menyelubungi glomerulus secara erat dan dikenal sebagai kapsula Bowman.



Gambar 62. Aliran Darah di Ginjal (Bets et al., 2017)

Pembuluh darah selanjutnya membentuk jaringan kapiler di sekitar bagian distal tubulus nefron, yang dikenal sebagai kapiler peritubular dan vasa recta, sebelum akhirnya bermuara kembali ke sistem vena. Selama filtrat glomerulus bergerak sepanjang nefron, jaringan kapiler tersebut berperan dalam mereabsorpsi sebagian besar air dan zat terlarut, kemudian mengembalikannya ke dalam sirkulasi darah. Secara konseptual, susunan ini memenuhi kriteria sistem portal, yaitu adanya aliran dari satu jaringan kapiler menuju pembuluh yang kemudian membentuk jaringan kapiler kedua. Sistem portal ginjal bersifat unik karena terdapat arteriol yang terletak di antara kedua jaringan kapiler tersebut.



Gambar 63. Aliran Darah di Nefron (Bets et al., 2017)

- Korteks

Pada pengamatan anatomi ginjal yang telah dibedah, korteks dapat dikenali dengan mudah karena warnanya tampak lebih terang dibandingkan bagian lainnya. Di wilayah ini terdapat seluruh korpuskulum renalis, serta tubulus kontortus proksimal dan tubulus kontortus distal. Sebagian nefron memiliki lengkung Henle yang relatif pendek dan tidak melampaui area korteks, sehingga disebut nefron kortikal. Sementara itu, sekitar 15% nefron memiliki lengkung Henle yang panjang dan memanjang hingga ke bagian medula, yang dikenal sebagai nefron jukstamedularis.

Korpuskulum renalis merupakan struktur yang tersusun atas jalinan kapiler yang disebut **glomerulus**, yang hampir seluruhnya dikelilingi oleh **kapsula Bowman** atau kapsula glomerulus. Glomerulus berfungsi sebagai jaringan kapiler bertekanan tinggi yang berada di antara arteriol aferen dan arteriol eferen. Kapiler glomerulus berfungsi menyaring darah berdasarkan ukuran partikel. Setelah proses filtrasi di korpuskulum

renalis, kapiler tersebut berlanjut membentuk arteriol eferen sebagai jalur keluar darah dari glomerulus. Kapsula Bowman membungkus glomerulus sehingga membentuk suatu ruang penampung filtrat, yang selanjutnya berperan dalam menangkap serta menyalurkan filtrat tersebut ke tubulus kontortus proksimal.

Filtrat yang terkumpul di dalam kapsula Bowman selanjutnya mengalir menuju **tubulus kontortus proksimal** (*Proximal Convolved Tubule* atau PCT). Bagian ini disebut kontortus karena memiliki lintasan yang berkelok-kelok. PCT tersusun atas epitel kuboid sederhana dengan mikrovili yang menonjol pada permukaan luminal, membentuk struktur brush border. Keberadaan mikrovili meningkatkan luas permukaan sehingga mendukung optimalisasi proses reabsorpsi dan sekresi berbagai zat terlarut, seperti natrium, klorida, dan glukosa, yang merupakan fungsi utama segmen ini.

Lengkung Henle, yang juga dikenal sebagai lengkung nefron, terdiri atas bagian desenden dan asenden yang merupakan kelanjutan dari satu tubulus yang sama. Kedua bagian tersebut berjalan sejajar dan berdekatan setelah membentuk lengkungan tajam pada titik terdalamnya. Segmen desenden terdiri atas bagian awal yang pendek dan tebal serta bagian lanjutan yang panjang dan tipis. Sebaliknya, segmen asenden diawali oleh bagian pendek dan tipis yang kemudian berlanjut menjadi bagian panjang dan tebal. Segmen tebal desenden dilapisi oleh epitel kuboid sederhana yang menyerupai tubulus kontortus proksimal, sedangkan segmen tipis desenden dan asenden dilapisi epitel pipih sederhana. Perbedaan struktur histologis ini berkaitan dengan variasi permeabilitas masing-masing segmen terhadap air dan zat terlarut. Adapun segmen tebal asenden dilapisi epitel kuboid sederhana yang serupa dengan tubulus kontortus distal.

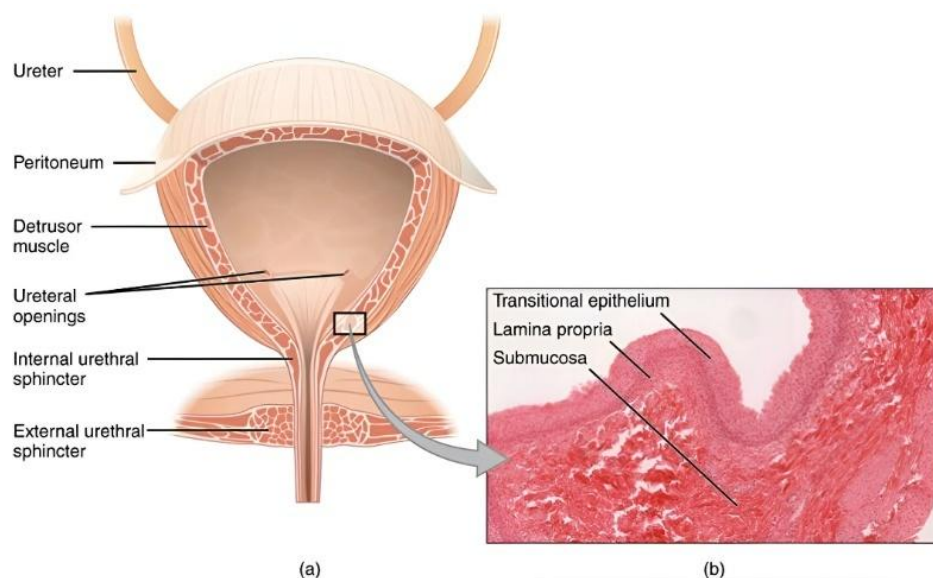
Tubulus kontortus distal (*Distal Convolved Tubule* atau DCT), seperti halnya PCT, memiliki jalur yang berkelok-kelok dan tersusun atas epitel kuboid sederhana, namun ukurannya lebih pendek dibandingkan PCT. Sel-sel pada bagian ini berperan dalam memompa ion melawan gradien konsentrasi, sehingga mengandung banyak mitokondria, meskipun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan pada PCT. **Duktus kolektif** merupakan struktur yang berkesinambungan dengan nefron, tetapi tidak termasuk sebagai bagian strukturalnya. Setiap duktus berfungsi mengumpulkan filtrat dari beberapa nefron untuk menjalani proses modifikasi akhir. Duktus pengumpul akan bergabung saat memanjang ke arah medula hingga membentuk sekitar tiga puluh duktus terminal yang bermuara pada papila ginjal.

2. Ureter

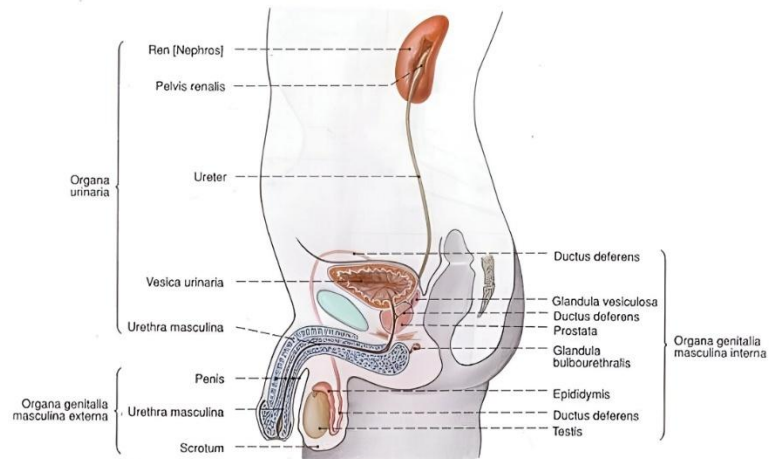
Ureter memiliki panjang sekitar 30 cm. Lapisan mukosa bagian dalamnya dilapisi oleh epitel transisional serta mengandung sel goblet yang tersebar dan berfungsi mensekresikan mukus pelindung. Lapisan muskular ureter tersusun atas otot polos longitudinal dan sirkular yang menghasilkan kontraksi peristaltik, sehingga urin dapat didorong menuju kandung kemih tanpa bergantung pada gaya gravitasi. Bagian terluar berupa lapisan adventisia longgar yang tersusun dari jaringan kolagen dan lemak, yang berperan menambatkan ureter di antara peritoneum parietal dan dinding posterior abdomen.

3. Vesika Urinaria atau kandung kemih

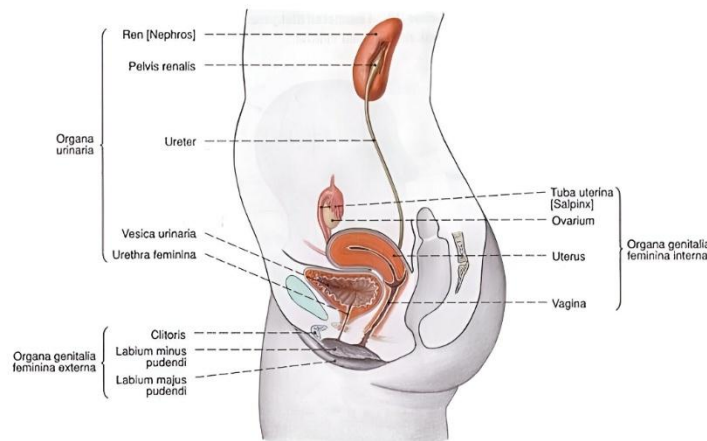
Kandung kemih berfungsi sebagai organ penampung urin yang dialirkan dari kedua ureter. Pada perempuan, organ ini terletak di anterior uterus, posterior tulang pubis, serta di bagian anterior rektum. Pada laki-laki, susunan anatominya pada dasarnya serupa, tetapi tanpa keberadaan uterus dan dengan tambahan kelenjar prostat yang terletak di inferior kandung kemih. Secara anatomis, kandung kemih termasuk organ yang sebagian berada di luar rongga peritoneum (retroperitoneal), dengan bagian kubah yang dilapisi peritoneum dapat menonjol ke dalam rongga abdomen ketika kandung kemih terisi penuh oleh urin.



Gambar 64. Kandung Kemih atau bladder [a] Penampang melintang bagian anterior kandung kemih [b] Otot detrusor pada kandung kemih (Bets et al., 2017)



Gambar 65. Gambaran Alat Berkemih dan Alat Kelamin Pria; tampak medial (Putz dan Pabst, 2003)



Gambar 66. Gambaran Alat Berkemih dan Alat Kelamin Wanita; tampak medial (Putz dan Pabst, 2003)

4. Uretra

Uretra merupakan saluran yang berfungsi mengalirkan urin dari kandung kemih menuju bagian luar tubuh untuk dikeluarkan. Di antara seluruh organ dalam sistem urologi, uretra adalah satu-satunya struktur yang memperlihatkan perbedaan anatomi yang bermakna antara laki-laki dan perempuan, sedangkan struktur lain yang berperan dalam transportasi urin pada dasarnya memiliki bentuk dan susunan yang sama.

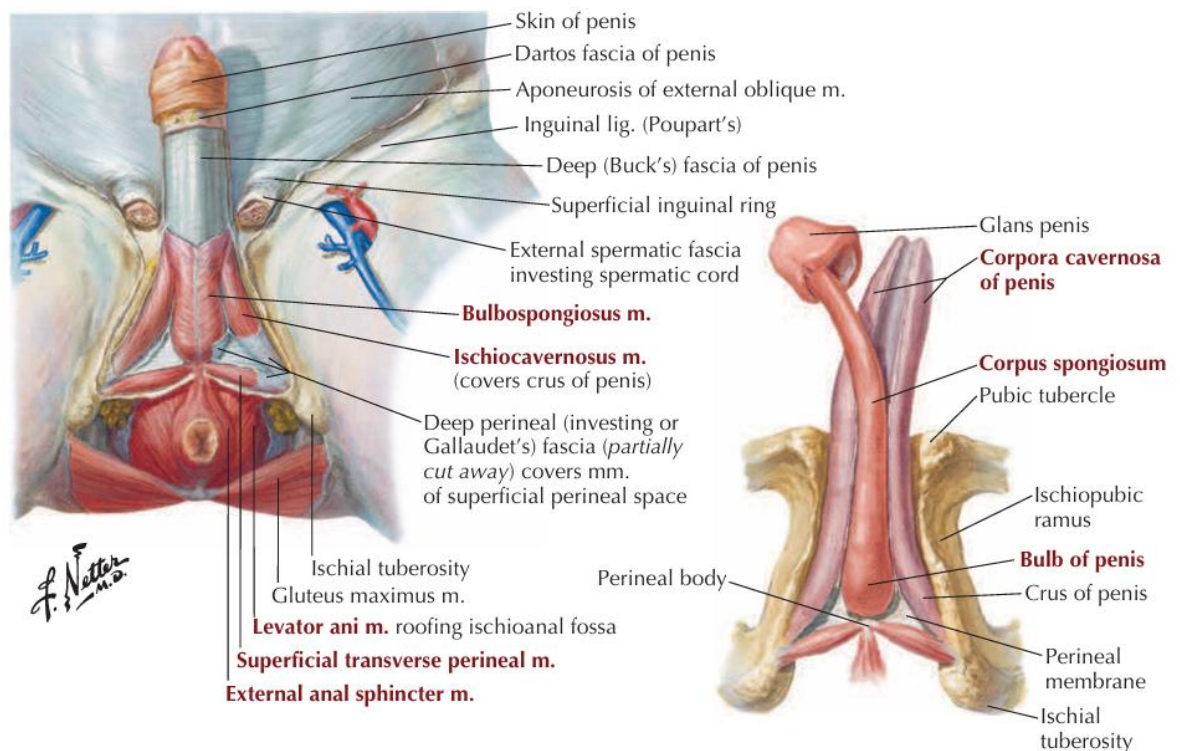
Uretra wanita : Panjang uretra perempuan relatif pendek, sekitar 4 cm, sehingga memberikan hambatan yang lebih kecil terhadap masuknya bakteri fekal dibandingkan uretra laki-laki yang lebih panjang.

Uretra pria: melintasi kelenjar prostat tepat di bawah kandung kemih sebelum kemudian berjalan di bawah simfisis pubis. Panjangnya bervariasi antarindividu,

namun rata-rata sekitar 20 cm. Secara anatomis, uretra laki-laki terbagi menjadi empat bagian, yaitu uretra preprostatik, uretra prostatik, uretra membranosa, dan uretra spongiosa atau penile. Uretra preprostatik merupakan segmen yang sangat pendek dan menjadi bagian dari dinding kandung kemih. Uretra prostatik melewati kelenjar prostat dan selama aktivitas seksual menerima sperma melalui duktus ejakulatorius serta sekresi dari vesikula seminalis. Uretra membranosa melewati otot-otot dalam perineum dan dikelilingi oleh sfingter uretra. Sementara itu, uretra spongiosa berakhir pada ujung penis sebagai orifisium uretra eksternal setelah melalui korpus spongiosum.

B. ANATOMI SISTEM REPRODUKSI

1. Reproduksi Laki-laki

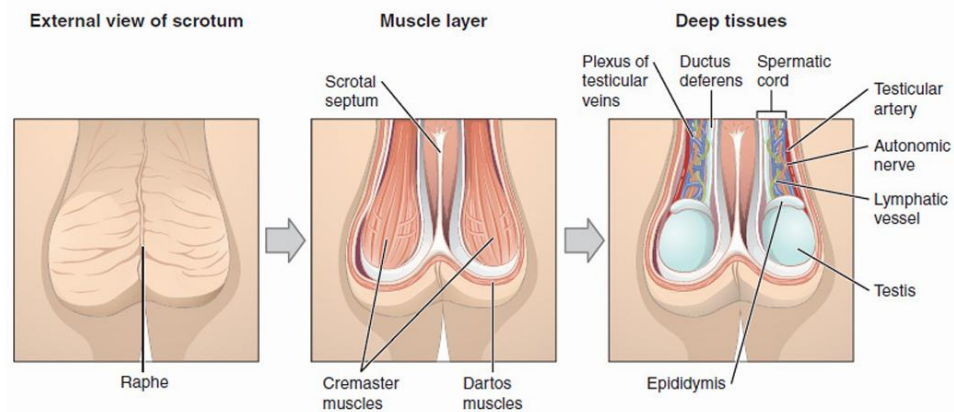


Gambar 67. Perineum Pria, Kantong Permukaan, dan Penis (Hansen et al., 2019)

- **Skrotum**

Testis terletak di dalam kantong muskular berlapis kulit yang berpigmen gelap, yang disebut skrotum, dan menggantung dari tubuh di bagian posterior penis. Lapisan otot subkutan skrotum dibentuk oleh otot dartos, yang secara internal berlanjut membentuk septum skrotum, yaitu sekat yang membagi skrotum menjadi dua kompartemen, masing-masing berisi satu testis. Selain itu, dari

otot oblikus internal dinding abdomen menurun sepasang otot kremaster yang menyelubungi setiap testis seperti jaring otot.

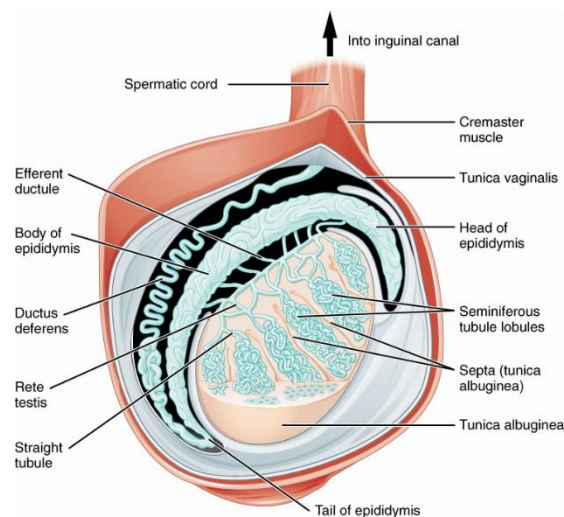


Gambar 68. Skrotum dan testis (Bets et al., 2017)

- Testis

Testis berbentuk oval dan berpasangan, masing-masing memiliki panjang sekitar 4–5 cm serta berada di dalam skrotum. Organ ini diselubungi oleh dua lapisan jaringan ikat pelindung yang berbeda. Lapisan terluar, yaitu tunika vaginalis, merupakan membran serosa yang terdiri atas lapisan parietal dan lapisan viseral yang tipis. Di bawahnya terdapat tunika albuginea, yakni lapisan jaringan ikat padat, kuat, dan berwarna putih yang secara langsung menyelubungi testis.

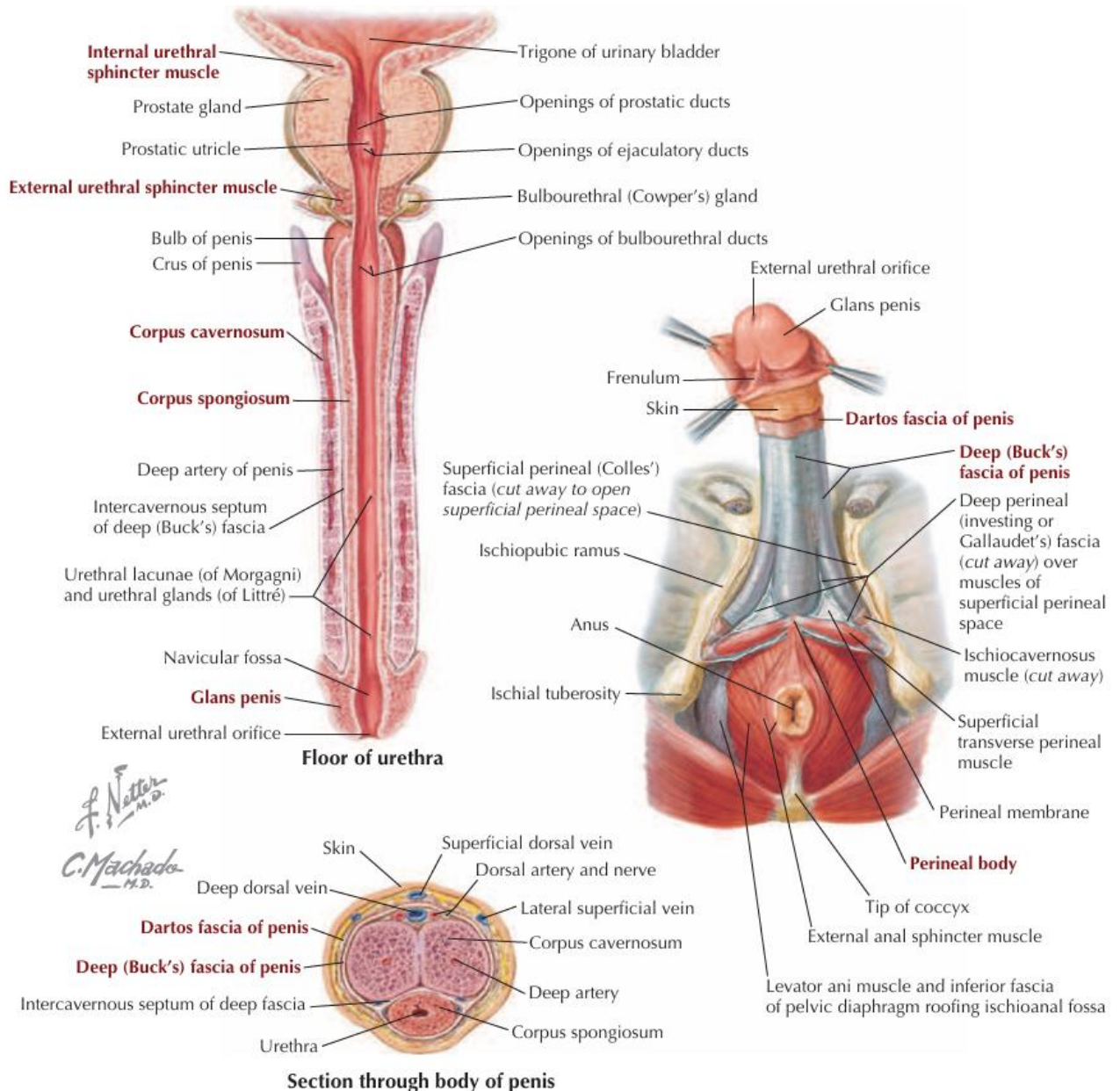
Selain melapisi bagian luar, tunika albuginea juga membentuk penjurulan ke arah dalam yang disebut septa, yang membagi testis menjadi sekitar 300–400 unit kecil yang dikenal sebagai lobulus. Di dalam setiap lobulus, proses pembentukan spermatozoa berlangsung pada struktur yang disebut tubulus seminiferus.



Gambar 69. Anatomi testis (Bets et al., 2017)

- Penis

Dalam kondisi tidak terstimulasi secara seksual, penis berada dalam keadaan flaksid dan berfungsi, antara lain, dalam proses miksi. Sebaliknya, ketika terjadi rangsangan seksual, organ ini mengalami ereksi sehingga menjadi kaku dan berbentuk memanjang. Keadaan tersebut memungkinkan penis melakukan penetrasi ke dalam vagina serta menyalurkan semen ke dalam saluran reproduksi perempuan.



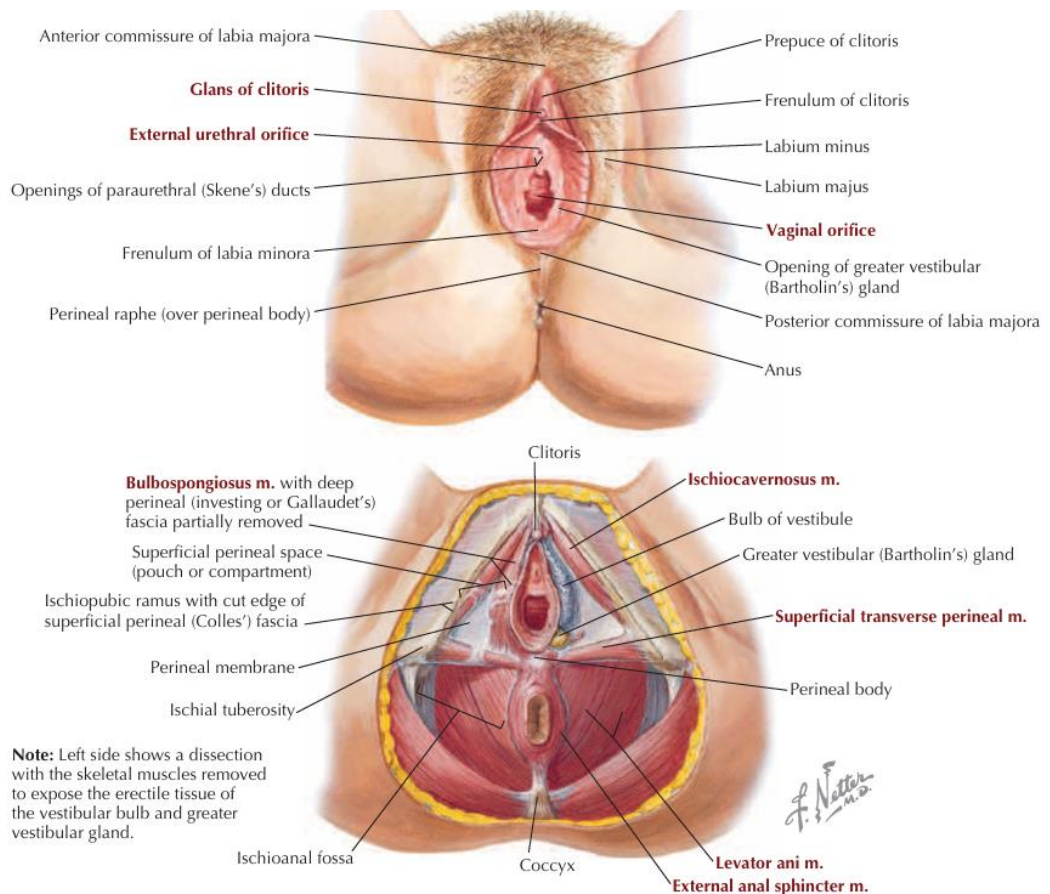
Gambar 70. Anatomi penis dan Uretra (Hansen et al., 2019)

2. Reproduksi Wanita

- Genital eksternal wanita

Struktur reproduksi eksternal pada perempuan secara kolektif disebut sebagai vulva. Mons pubis merupakan bantalan jaringan lemak yang terletak di bagian anterior di atas tulang pubis dan setelah pubertas biasanya ditutupi oleh rambut pubis. Labia majora adalah lipatan kulit berambut yang bermula tepat di posterior mons pubis, sedangkan labia minora yang lebih tipis dan berpigmen lebih gelap terletak di bagian medialnya.

Bagian anterior superior labia minora menyatu dan membentuk struktur yang mengelilingi klitoris (glans klitoris), yaitu organ yang berasal dari jaringan embrional yang sama dengan glans penis. Himen merupakan membran tipis yang pada sebagian individu menutupi sebagian pembukaan vagina. Keutuhan himen tidak dapat dijadikan indikator keperawanan, karena sejak lahir membran ini umumnya hanya menutup sebagian, sehingga cairan menstruasi dan sekresi lain tetap dapat keluar dari tubuh.



Gambar 71. Perineum Wanita dan Kantung Perineum Superficial (Hansen et al., 2019)

Tabel 5. Struktur Penyusun Alat Kelamin Eksternal Wanita

Struktur	Karakteristik
Mons pubis	Penonjolan jaringan lemak di bagian anterior yang menutupi simfisis pubis.
Komisura labial anterior	Daerah pertemuan kedua labia majora pada bagian anterior.
Labia majora	Lipatan kulit berpigmen yang mengandung kelenjar lemak dan sebacea. Pada individu dewasa, bagian luar ditutupi rambut pubis, sedangkan bagian dalam halus dan berwarna merah muda.
Klitoris	Organ jaringan erektil yang terdiri atas glans yang ditutupi preputium, badan klitoris, serta dua krura yang memanjang sepanjang ramus iskiopubis dan dilapisi otot iskiokavernosus.
Vestibulum	Ruang yang dibatasi oleh labia minora dan berisi muara uretra, vagina, serta kelenjar vestibular.
Kelenjar vestibular mayor	Sepasang kelenjar mukosa yang terletak posterior terhadap bulbus vestibulum dan berfungsi menghasilkan sekret selama rangsangan seksual.
Bulbus vestibulum	Jaringan erektil berpasangan yang terletak di bagian dalam dan lateral terhadap labia minora, mengapit muara uretra dan vagina, memanjang ke arah anterior menuju glans klitoris, serta dilapisi otot bulbospongiosus.
Komisura labial posterior	Daerah pertemuan kedua labia majora di bagian posterior yang terletak di atas badan perineum.

- **Genital Internal Wanita**

Bagian dalam sistem reproduksi wanita terdiri dari beberapa organ yang berinteraksi untuk mendukung proses reproduksi. Bagian dalam tersebut terdiri dari vagina, ovarium, tuba fallopi dan serviks.

- a. **Vagina**

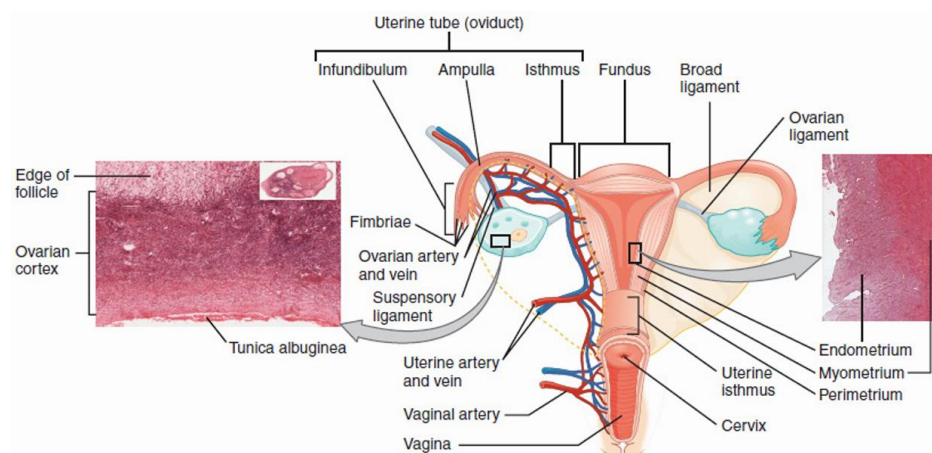
Vagina merupakan saluran muskular dengan panjang sekitar 10 cm yang berfungsi sebagai pintu masuk ke saluran reproduksi perempuan. Selain itu, struktur ini juga berperan sebagai jalur keluarnya darah menstruasi serta sebagai jalan lahir saat persalinan. Dinding anterior dan posterior vagina membentuk lipatan memanjang yang menyerupai kolom atau tonjolan, sementara bagian superiornya, yang disebut fornix, berhubungan dengan bagian serviks uterus yang menonjol ke dalam lumen vagina.

b. Ovarium

Ovarium merupakan gonad pada perempuan. Struktur ini berpasangan, berbentuk oval, dengan panjang sekitar 2–3 cm atau kira-kira seukuran kacang almond. Ovarium terletak di dalam rongga pelvis dan disangga oleh mesovarium, yaitu perpanjangan peritoneum yang menghubungkan ovarium dengan ligamentum latum. Dari mesovarium memanjang ligamentum suspensorium yang mengandung pembuluh darah dan pembuluh limfatik ovarium. Selain itu, ovarium juga terhubung langsung dengan uterus melalui ligamentum ovarii, yang berperan mempertahankan posisi organ tersebut.

c. Tuba Falopi

Tuba uterina, yang juga dikenal sebagai tuba falopi atau oviduk, berfungsi sebagai saluran yang mengantarkan oosit dari ovarium menuju uterus. Setiap tuba uterina berjumlah sepasang, terletak berdekatan dengan ovarium namun tidak terhubung secara langsung, dan terbagi menjadi beberapa bagian. Bagian isthmus merupakan ujung medial yang sempit dan berhubungan langsung dengan uterus. Pada bagian distal terdapat infundibulum yang melebar dan memiliki tonjolan menyerupai jari-jari yang disebut fimbriae. Sementara itu, bagian tengah yang dikenal sebagai ampulla merupakan lokasi yang paling sering menjadi tempat terjadinya fertilisasi. Secara histologis, tuba uterina tersusun atas tiga lapisan utama, yaitu lapisan serosa di bagian luar, lapisan otot polos di bagian tengah, dan lapisan mukosa di bagian dalam.



Gambar 72. Ovarium, tuba falopi dan uterus (Bets et al., 2017)

d. Uterus dan Serviks

Pada kondisi tidak hamil, ukuran uterus rata-ratanya sekitar 5 cm lebar dan 7 cm panjang. Secara anatomis, uterus terbagi menjadi tiga bagian utama. Bagian yang terletak di atas muara tuba uterina disebut fundus. Bagian tengah dikenal sebagai korpus atau badan uterus. Sementara itu, bagian inferior yang menyempit dan menonjol ke dalam vagina disebut serviks.

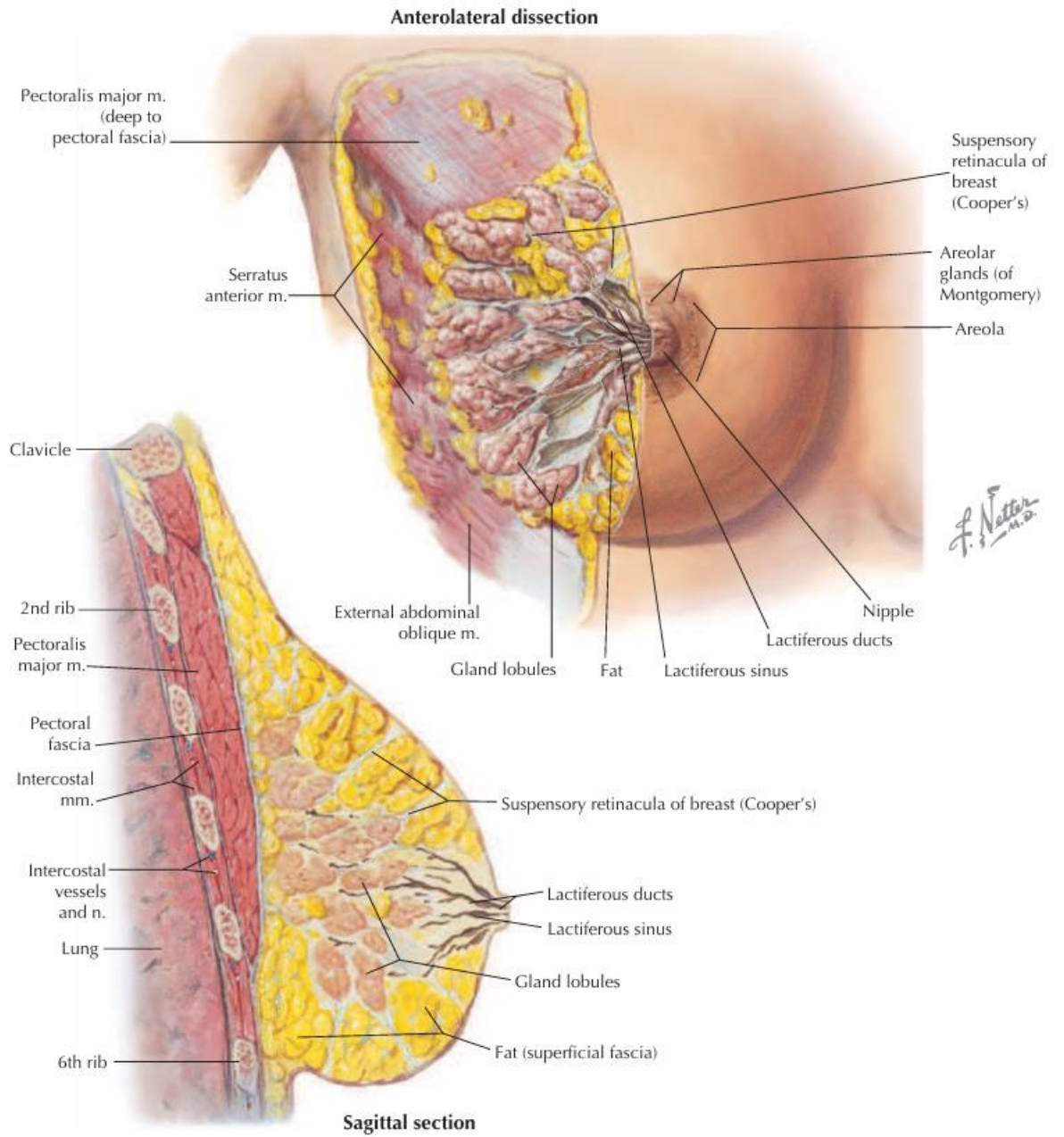
Dinding uterus tersusun atas tiga lapisan utama. Lapisan paling luar adalah perimetrium, yaitu membran serosa yang terdiri atas jaringan epitel yang menutupi permukaan eksternal uterus. Lapisan tengah disebut miometrium, yang merupakan lapisan tebal otot polos dan berperan dalam menghasilkan kontraksi uterus. Sebagian besar dinding uterus tersusun oleh jaringan miometrium, dengan serabut otot yang tersusun dalam arah horizontal, vertikal, dan diagonal, sehingga memungkinkan terjadinya kontraksi kuat saat persalinan serta kontraksi yang lebih ringan selama menstruasi untuk membantu pengeluaran darah haid.

Lapisan terdalam uterus disebut endometrium. Lapisan ini terdiri atas jaringan ikat yang dikenal sebagai lamina propria, yang dilapisi oleh jaringan epitel yang membatasi lumen uterus. Secara struktural, endometrium terbagi menjadi dua lapisan, yaitu stratum basalis dan stratum functionalis. Stratum basalis merupakan bagian dari lamina propria yang terletak berdekatan dengan miometrium dan tidak mengalami peluruhan selama menstruasi. Sebaliknya, stratum functionalis yang lebih tebal mengandung komponen kelenjar dari lamina propria serta jaringan endotel yang melapisi lumen uterus.

- Payudara

Meskipun payudara terletak relatif jauh dari organ reproduksi perempuan lainnya, struktur ini dikategorikan sebagai organ aksesori sistem reproduksi perempuan. Payudara perempuan merupakan kelenjar keringat yang telah mengalami modifikasi secara struktural. Secara anatomis, organ ini terletak pada dinding toraks anterior, dengan batas superior sekitar tulang rusuk kedua dan batas inferior hingga tulang rusuk keenam. Secara horizontal, payudara membentang dari sternum di sisi medial hingga mencapai garis midaksilaris di sisi lateral. Komponen utama payudara meliputi sebagai berikut:

- a) Payudara merupakan struktur yang tersusun atas jaringan lemak dan kelenjar mammae yang berfungsi menghasilkan ASI. Secara anatomis, payudara terletak pada fasia superfisial di atas ruang retromamaria, yang memisahkannya dari fasia pektoralis profunda yang melapisi otot pektoralis mayor.
- b) Areola adalah area kulit berpigmen yang mengelilingi puting dan mengandung kelenjar sebacea serta kelenjar keringat termodifikasi yang dikenal sebagai kelenjar Montgomery. Kelenjar ini berperan dalam melumasi dan menjaga elastisitas puting.
- c) Puting merupakan tempat bermuaranya duktus laktiferus, yang pada bagian ujungnya melebar membentuk sinus laktiferus sebagai tempat penampungan sementara ASI. Secara topografis, posisi puting umumnya berada pada tingkat ruang interkostal keempat.
- d) Jaringan payudara juga memiliki perpanjangan ke arah superolateral yang disebut ekor aksila atau Tail of Spence, yang menuju ke daerah ketiak.
- e) Drainase limfatik payudara sebagian besar mengalir ke kelenjar getah bening aksila, mencakup sekitar tiga perempat dari total aliran limfa, sedangkan sisanya mengalir ke kelenjar infraklavikula, pektoral, dan parasternal.



Gambar 73. Anatomi payudara (Hansen et al., 2019)

PERCOBAAN IV

PENANGANAN HEWAN COBA

I. Tujuan Percobaan

Mempelajari karakteristik dan penanganan hewan uji serta rute pemberian obat pada hewan uji.

II. Dasar Teori

A. Definisi Hewan Coba

Hewan coba/hewan uji atau sering disebut hewan laboratorium adalah hewan yang khusus ditenakkan untuk keperluan penelitian biologik. Hewan percobaan digunakan untuk penelitian pengaruh bahan kimia atau obat pada manusia. Hewan percobaan yang biasa digunakan pada penelitian farmakologi antara lain : Mencit, Tikus, Kelinci, Hamster, Kucing, Kera, Anjing.

B. Jenis Hewan Coba

1. Mencit

Karakteristik :

- Cenderung berkumpul bersama/bersembunyi
- Penakut, fotofobik
- Lebih aktif pada malam hari
- Aktv. terhambat dengan kehadiran manusia
- Tidak menggigit

Cara memperlakukan mencit :

- Dengan tangan kanan angkat ekornya dan biarkan mencit menjangkau kawat kandang dengan kaki depannya, tarik sedikit ekornya.
- Dengan tangan kiri, cubit kulit diantara 2 telinga dan 3 jari yang lain memegang kulit punggung
- Ekor dijepit di antara jari manis dan kelingking

2. Tikus

Karakteristik :

- Sangat cerdas
- Tidak begitu fotofobik

- Aktivasnya tidak terhambat dengan kehadiran manusia
 - Bila diperlakukan kasar atau dalam kondisi defisiensi nutrisi cenderung menjadi galak dan sering menyerang
 - Dapat hidup sendiri di kandangnya
- Cara memperlakukan :
- Angkat dengan cara memegang bagian ujung ekor, letakkan pada kawat kandang
 - Tangan kiri bergerak dari belakang dengan jari tengah dan telunjuk “mengunci” tengkuknya, sementara ibu jari menjepit kaki depan
 - Untuk perlakuan yang hanya memerlukan ekor, masukkan ke dalam “holder”

3. Kelinci

Karakteristik :

- Jarang bersuara kecuali dalam kondisi nyeri yang luar biasa
- Cenderung berontak bila kenyamanannya terganggu
- Sangat rentan terhadap angin langsung dan udara dingin
- Untuk perlakuan yang hanya memerlukan kepala, masukkan ke dalam “holder”

Cara memperlakukan :

- Perlakukan dengan halus
- Jangan memegang telinga saat mengangkat/menangkap
- Pegang kulit leher kelinci dengan tangan kiri
- Dekapkan ke arah tubuh

C. Pengambilan Darah

Darah yang diambil tidak boleh terlalu besar volumenya supaya tidak terjadi syok hipovolemik, tetapi juga tidak boleh sedikit-sedikit tapi sering karena bisa menimbulkan anemia.

Jumlah darah maksimum yang boleh diambil :

- 10% total volume darah / 2-4 minggu
- 1% total volume darah / 24 jam

1. Mencit dan Tikus

Ada 4 lokasi tempat pengambilan darah :

- a. Sinus orbitalis mata → Cara mengambilnya dengan menusuk sudut mata menggunakan pipa kapiler
- b. Vena lateral pada ekor :
 - Supaya mudah pengambilan darah, dilakukan dilatasi pada vena dahulu dengan menggunakan alkohol, xylol, atau dengan mencelupkan ekornya ke dalam air hangat
 - Untuk pengambilan darah bisa juga dengan memotong ekornya.
- c. Vena Saphena kaki
- d. Intrakardial :
 - Pertama-tama dianestesi terlebih dahulu dengan eter
 - Ditusukkan langsung ke jantung (mencit dalam keadaan hidup)

2. Kelinci

Ada 4 lokasi tempat pengambilan darah :

- a. Vena marginalis telinga
- b. Vena jugularis
- c. Vena saphena kaki
- d. Intrakardial

D. Rute Pemberian Obat

1. Oral

- a. Mencit & Tikus : Pegang mencit sesuai dengan cara yang disebutkan sebelumnya sehingga leher mencit dalam keadaan lurus. Kemudian masukkan suntikan oral ke dalam mulut sampai esophagus (posisi suntikan oral yang dimasukkan tegak lurus)
- b. Kelinci : Kelinci diletakkan dalam “holder” sehingga hanya kepalanya saja yang keluar. Pemberian oral dengan menggunakan selang kateter. Pertama-tama mulut ditahan dengan batang pengaduk, kemudian baru dimasukkan selang kateter. Untuk mengetahui apakah selang kateter sudah benar-benar masuk ke dalam rongga mulut maka ujung selang yang satu dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi air. Jika belum tepat maka akan timbul gelembung-gelembung dalam air.

2. Subkutan

Mencit, Tikus & Kelinci : Obat disuntikkan di bawah kulit daerah tengkuk (di leher bagian atas) dengan terlebih dahulu mencubit kulitnya, lalu suntikkan dengan sudut 45 derajat.

3. Intravena

- a. Mencit & Tikus : Masukkan hewan ke dalam “holder” sehingga ekor terjulur keluar. Obat disuntikkan pada vena ekor (vena lateral) dengan terlebih dahulu vena ekor didilatasi menggunakan alkohol atau xylol.
- b. Kelinci : Obat disuntikkan pada vena marginalis telinga. Bulu telinga harus dicukur terlebih dahulu.

4. Intramuskular

- a. Mencit : Tidak direkomendasikan
- b. Tikus & Kelinci : Obat disuntikkan pada otot kaki belakang

5. Intraperitoneal

- a. Mencit & Tikus :
 - Hewan dipegang sesuai ketentuan sebagaimana telah disebutkan sebelumnya.
 - Pada saat penyuntikan, posisi kepala lebih rendah dari abdomen yaitu dengan menunggingkan mencit atau tikus
 - Jarum disuntikkan sehingga membentuk sudut 45 derajat dengan abdomen, posisi jarum agak menepi dari garis tengah (*linea alba*) untuk menghindari agar tidak mengenai organ di dalam peritoneum.
- b. Kelinci : jarang dilakukan

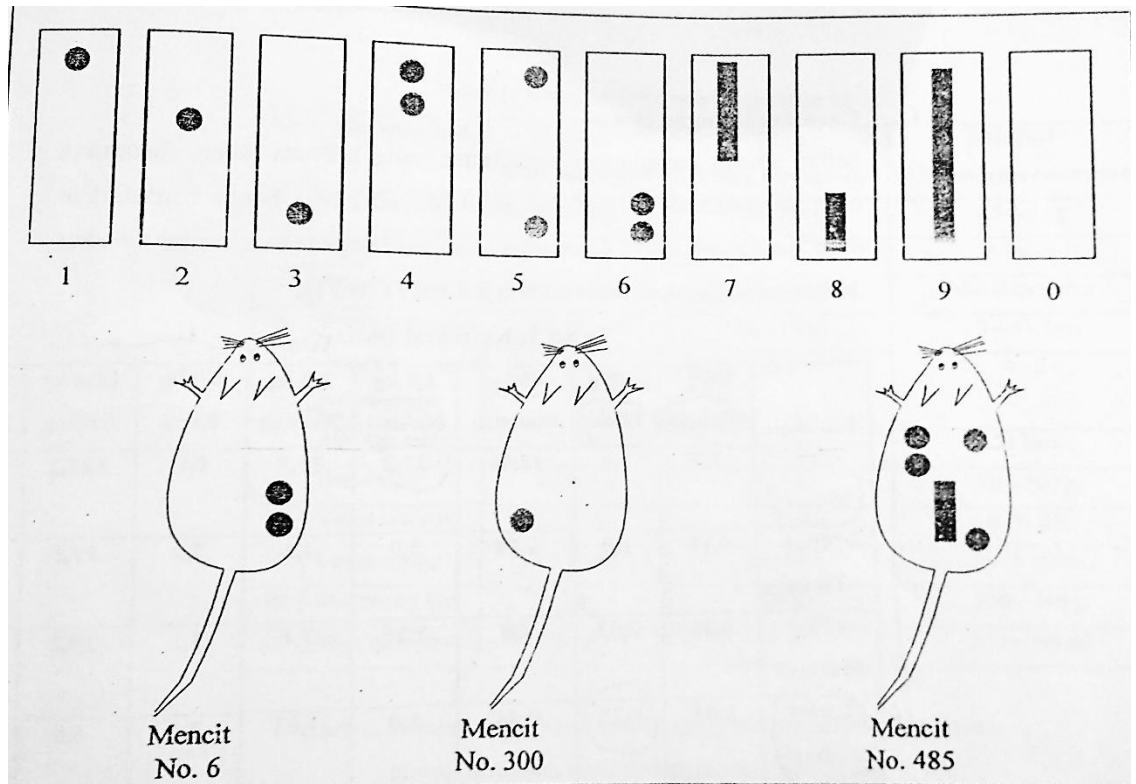
E. Euthanasia

Euthanasia adalah “ a kind of painless killing” atau “killing by human being”

1. Mencit & Tikus dilakukan dengan cara :

- a. Dimasukkan ke dalam chamber berisi uap eter
- b. Injeksi over dosis dengan pentobarbital
- c. Dislokasi / dekapitasi (pemutusan tulang leher) → Kepala mencit/tikus ditahan dengan 2 jari tangan kiri kemudian ekor ditarik dengan kuat dan cepat memakai tangan kanan.
- d. Bagian leher dibenturkan pada pinggiran meja porselain

F. Cara Penandaan



G. Karakteristik hewan coba

No.	Karakteristik	Mencit (<i>Mus musculus</i>)	Tikus (<i>Rattus novergicus</i>)	Kelinci (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)
1	Berat dewasa	20-30 g	200-300 g	1,5-2,5 kg
2	Pubertas	35 hari	40-60 hari	4 bulan
3	Masa beranak	Sepanjang tahun	Sepanjang tahun	Mei - September
4	Jumlah anak sekali lahir	6-8	6-8	4-6
5	Masa menyusui	21 hari	21 hari	21 hari
6	Berat lahir	0,5-1,5 g	5-6 g	30-100 g
7	Volume Darah	7,5 % BB	7,5% BB	5% BB
8	Lama hidup	2-3 tahun	2-3 tahun	5-7 tahun
9	Makanan/hari	3 g	20 g	100-200 g

10	Minuman/hari	3 ml	20 ml	200-300 ml
11	Lama kehamilan	19-20 hari	20-23 hari	30-33 hari

H. Volume Maksimal penyuntikan

No	Hewan Percobaan	Volume Pemberian (mL)				
		i.v	i.p	i.m	s.c	p.o
1	Mencit	0,5	1	0,05	1	1
2	Tikus	1	5	0,1	5	5
3	Kelinci	5-10	10-20	0,5	5-10	20

I. Perhitungan Dosis Hewan Coba

Tabel 3. Konversi Dosis Hewan Coba

Ditanya / Diketahui	20 g Mencit	200 g Tikus	400 g marmut	1,5 kg kelinci	2,0 kg kucing	4,0 kg Kera	12,0 kg anjing
20 g Mencit	1,0	7,0	12,25	27,8	29,7	0,4	124,2
200 g Tikus	0,14	1,0	1,74	3,9	4,2	9,2	17,8
400 g Marmut	0,08	0,57	1,0	2,25	2,4	5,2	10,2
1,5 kg Kelinci	0,04	0,25	0,44	1,0	1,08	2,4	4,5
2,0 kg Kucing	0,03	0,23	0,41	0,92	1,0	2,2	4,1
4,0 kg Kera	0,016	0,11	0,19	0,42	0,45	1,0	1,9
12,0 kg Anjing	0,008	0,06	0,10	0,22	0,24	0,52	1,0
70 kg Manusia	0,0026	0,018	0,031	0,07	0,076	0,16	0,32

Cara menggunakan tabel konversi :

Bila dosis untuk manusia (70 kg) sebesar 500 mg, maka dosis untuk mencit (30 g) adalah = $500 \text{ mg} \times 0,0026 = 1,3 \text{ mg} / 20 \text{ gBB mencit}$.

Dosis mencit 30 g = $30 \text{ g} / 20 \text{ g} \times 1,3 \text{ mg} = 1,95 \text{ mg}$

J. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan :

1. Nampan
2. Alat suntik
3. Sonde oral mencit

Bahan:

1. Hewan uji (mencit)
2. Aquadest

K. Cara Kerja

1. Praktekkan cara memegang hewan coba dan pemberian obat melalui berbagai rute pemberian

PERCOBAAN V

UJI EFEK DIURETIKA

I. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini antara lain mahasiswa mampu untuk mengetahui pengaruh pemberian obat diuretik pada proses urinasi menciit.

II. DASAR TEORI

Diuretik adalah obat yang dapat menambah kecepatan pembentukan urine. Diuretik merupakan obat-obat yang dapat meningkatkan produksi dan eksresi urin sehingga dengan demikian dapat menghilangkan cairan berlebihan yang tertimbun di jaringan, misalnya pada oedem, dengan demikian memulihkan keseimbangan elektrolit dan beberapa metabolit. Diuretika adalah zat-zat yang dapat memperbanyak kemih (diuresis) melalui kerja langsung terhadap ginjal. Obat-obat lainnya yang menstimulasi diuresis dengan mempengaruhi ginjal secara tak langsung tidak termasuk dalam definisi ini. Misalnya zat-zat yang memperkuat kontraksi jantung (digoksin, teofilin), memperbesar volume darah (dekstran), atau merintangi sekresi hormon antidiuretik AOH (air, alkohol).

Fungsi utama diuretik adalah untuk memobilisasi cairan udem, yang berarti mengubah keseimbangan cairan sedemikian rupa sehingga volume cairan ekstra sel kembali menjadi normal. Diuretik menurunkan tekanan darah terutama dengan cara mendepleksikan simpanan natrium tubuh. Awanya, diuretik menurunkan tekanan darah dengan menurunkan volume darah dan curah jantung dan tahanan vaskuler perifer. Penurunan tekanan darah dapat terlihat dengan terjadinya diuresis. Diuresis menyebabkan penurunan volume plasma yang akan menurunkan curah jantung dan akhirnya menurunkan tekanan darah.

Fungsi utama ginjal adalah memelihara kemurnian darah dengan jalan mengeluarkan semua zat asing dan sisa pertukaran zat dari dalam darah dimana semuanya melintasi saringan ginjal kecuali zat putih telur dan sel-sel darah. Fungsi penting lainnya adalah meregulasi kadar garam dan cairan tubuh. Ginjal merupakan organ terpenting pada pengaturan homeostatis, yakni keseimbangan dinamis antara cairan intra dan ekstrasel, serta pemeliharaan volume total dan susunan cairan ekstrasel. Hal ini terutama tergantung dari jumlah ion Na^+ yang untuk sebagian besar terdapat di luar sel, di cairan antar sel dan di plasma darah (Tjay, 2007).

Berdasarkan mekanismenya, Diuretik dapat dibagi menjadi 5 golongan yaitu:

1. Diuretik osmotik

Tempat dan Cara Kerja : penghambatan reabsorpsi natrium dan air di Tubuli Proksimal melalui daya osmotik. Penghambatan reabsorpsi natrium dan air di Ansa Henle terjadi karena hiperosmolaritas daerah medula menurun. Penghambatan reabsorpsi natrium dan air di Duktus Koligentes akibat adanya papillary washout, kecepatan aliran filtrat yang tinggi, atau adanya faktor lain. Biasanya dipakai untuk zat bukan elektrolit yang mudah dan cepat diekskresi oleh ginjal. Contoh dari diuretik osmotik adalah ; manitol, urea, gliserin dan isosorbid.

2. Diuretik golongan penghambat enzim karbonik anhidrase

Diuretik ini bekerja pada tubuli Proksimal dengan cara menghambat reabsorpsi bikarbonat. Obat yang termasuk golongan diuretik ini adalah asetazolamid, diklorofenamid dan metazolamid.

3. Diuretik golongan tiazid

Diuretik golongan tiazid ini bekerja pada hulu tubuli distal dengan cara menghambat reabsorpsi natrium klorida.

Obat-obat diuretik yang termasuk golongan ini adalah : klorotiazid, hidroklorotiazid, hidroflumetiazid, bendroflumetiazid, politiazid, benzotiazid, siklotiazid, metiklotiazid, klortalidon, kuinetazon, dan indapamid.

4. Diuretik hemat kalium

Diuretik hemat kalium ini bekerja pada hilir tubuli distal dan duktus koligentes daerah korteks dengan cara menghambat reabsorpsi natrium dan sekresi kalium dengan jalan antagonisme kompetitif (spironolakton) atau secara langsung (triamteren dan amilorida).

5. Diuretik kuat

Diuretik kuat ini bekerja pada Ansa Henle bagian asenden pada bagian dengan epitel tebal dengan cara menghambat transport elektrolit natrium, kalium, dan klorida. Yang termasuk diuretik kuat adalah ; *asam etakrinat, furosemid dan bumetamid.*

III. ALAT DAN BAHAN

ALAT

- Timbangan mencit
- S spuit injeksi dan jarum ukuran 1 ml
- Sonde / kanulla
- Sarung tangan
- Stopwatch
- Wadah pengamatan
- Kertas saring
- Gelas ukur
- Corong kaca
- Kandang Metabolisme

BAHAN

- Furosemide
- Aquadest p.i

IV. PROSEDUR KERJA

1. Siapkan 2 ekor mencit yang sudah di aklimasi 8 jam untuk tiap kelompok
2. Timbang masing-masing mencit, beri tanda “kontrol” dan “uji”
3. Hitung dosis konversi furosemid. Diketahui dosis pada manusia (70 kg) adalah 40 mg, dan konsentrasi larutan furosemide yang tersedia adalah 0,1 mg/ml
4. Berikan 0,5 ml aquadest secara peroral pada masing-masing mencit → Letakkan mencit pada nampan
5. Setelah 15 menit, berikan injeksi furosemid secara i.p pada mencit “uji”. Pada waktu bersamaan, berikan aquadest melalui rute yang sama pada mencit “kontrol”.
6. Tempatkan mencit pada kandang metabolisme.
7. Amati produksi urin pada masing-masing mencit selama 90 menit.
 - Ukur volume urinasi mencit pada menit ke-30, 60 dan 90 menit.

V. Tabel Pengamatan

Hewan Coba	Bobot (gram)	Vol. Aquadest	Vol. Furosemid	Waktu mulai berkemih (menit)	Luas basahan urin (cm ²) menit ke-		
					30	60	90
Mencit (control)		(disamakan dengan vol. larutan furosemide)	-				
Mencit (Furosemid)		-	???				

Video praktikum : <https://www.youtube.com/watch?v=vF90Qzj1Y4>

PERCOBAAN VI

UJI EFEK SEDATIF DAN UJI STIMULANSIA

A. UJI EFEK SEDATIF

I. Tujuan

Mempelajari pengaruh obat penekan susunan syaraf pusat

II. Dasar teori

Obat-obat sedative-hipnotik memiliki efek farmakologi yang mirip dengan anestetik umum, jika obat-obat tersebut diberikan dengan dossi yang lebih besar, efeknya sama dengan anesteti umum. Kedua jenis obat tersebut mempunyai mekanisme yang sama dalam menekan susunan syaraf pusat (Meyers, dkk., 1974)

Obat-obat penenang (antipsikotik) berbeda pengaruhnya dengan hipnotik sebab tidak menimbulkan efek anestetik. Sebagai contoh klorpromasin, penekanannya pada susunan syaraf pusat tidak begitu dalam sehingga hanya menimbulkan sedasi. Efek sedative dapat mempengaruhi kemampuan koordinasi motorik hewan coba. Besar kecilnya pengaruh terhadap koordinasi motorik tersebut dapat menggambarkan besar kecilnya efek sedasi. Oleh sebab itu, efek sedasi ini dapat kita amati melalui eksperimen dengan binatang menggunakan parameter rotarod, daya cengkeram, reflex kornea, diameter pupil mata dan righting reflex.

III. Alat dan bahan

Alat yang digunakan :

1. Nampan
2. Alat suntik
3. Tali dan alat perentang tali

Bahan:

1. Hewan uji (mencit)
2. Diazepam
3. Aquadest

IV. Cara kerja

1. Siapkan 4 ekor mencit untuk masing-masing kelompok mahasiswa.
2. Satu ekor mencit sebagai kelompok kontrol dan satu ekor mencit sebagai kelompok uji pada pengamatan righting reflex. Satu ekor mencit sebagai kelompok kontrol dan satu ekor mencit sebagai kelompok uji pada pengamatan daya cengkram.
3. Uji righting reflex : Amati keadaan biologi dari hewan coba meliputi : bobot badan, laju nafas dan refleks balik badan (*righting reflex*). Catat hasil dalam tabel pengamatan.
 Uji Daya Cengkram : Amati waktu dimana hewan uji tidak mampu mencengkram tali (terjatuh).
4. Pada kelompok kontrol diberikan aquadest secara i.p.
 Pada kelompok uji diberikan diazepam secara i.p dengan dosis yang sudah dikonversi berdasarkan berat badan mencit.
 Diketahui dosis diazepam pada manusia (70kg) adalah 10 mg dan larutan diazepam yang tersedia adalah 0,05 mg/ml.
5. Catat waktu kehilangan righting reflex dan daya cengkram
6. Catat kecepatan pernafasan dengan interval waktu 15 menit.

V. Tabel Pengamatan

a. Tabel Pengamatan Righting Reflex

Hewan Coba	Bobot (gram)	Vol. larutan uji	Sebelum Perlakuan		Sesudah perlakuan				
			Laju nafas (...x/menit)	Righting Reflex (menit)	Righting reflex (menit)	Laju nafas menit ke-15	Laju nafas menit ke-30	Laju nafas menit ke-45	Laju nafas menit ke-60
Kontrol (Aquadest)		???							
		(vol disamakan dgn vol diazepam)							
Uji (diazepam)		???							

b. Tabel Pengamatan Daya Cengkeram

Hewan Coba	Bobot (gram)	Vol. larutan uji	Waktu Mencit kehilangan daya cengkeram (menit)
Kontrol (Aquadest)		??? (vol disamakan dgn vol diazepam)	
Uji (diazepam)		???	

Video Praktikum : <https://www.youtube.com/watch?v=Oyj-1xSEKB0>

B. UJI EFEK STIMULANSIA

I. Tujuan

Untuk mengetahui efek stimulasi pada hewan coba

II. Dasar teori

1. Rasa Lelah

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), menyebutkan bahwa kata “lelah” ialah definisi mendasar dari lelah, penat dan rasa lesu. Menurut Haghghi yang dikutip dalam Ramdan (2018), secara umum, kelelahan dapat dipahami sebagai kondisi ketika seseorang merasa lelah, mengantuk, atau lesu akibat lamanya melakukan pekerjaan yang melibatkan beban mental maupun fisik, kecemasan yang berlangsung terus-menerus, meningkatnya tuntutan pekerjaan, atau kurangnya waktu istirahat. Menurut *Occupational Safety and Health (OSH)*, kelelahan juga diartikan sebagai keadaan sementara berupa menurunnya kemampuan atau munculnya keengganan yang kuat untuk merespons situasi tertentu akibat aktivitas fisik dan mental yang berlebihan sebelumnya. Kondisi ini menyebabkan tubuh kesulitan untuk menjalankan tugas yang sama dan menurunkan efektivitas kinerja (Ningsih & Nilamsari, 2018).

Grandjean (1988) mengklasifikasikan kelelahan ke dalam 7 bagian yaitu:

- 1) Kelelahan visual, meningkatnya kelelahan mata.
- 2) Kelelahan tubuh secara umum, akibat beban fisik yang berlebihan.
- 3) Kelelahan mental, disebabkan oleh pekerjaan mental atau intelektual.

- 4) Kelelahan syaraf, disebabkan oleh tekanan berlebihan pada salah satu bagian sistem psikomotor, seperti pada pekerjaan yang membutuhkan keterampilan.
- 5) Pekerjaan yang bersifat monoton.
- 6) Kelelahan kronis, kelelahan akibat akumulasi efek jangka panjang
- 7) Kelelahan sirkadian, bagian dari ritme siang-malam, dan memulai periode tidur yang baru.

Penelitian terkini menunjukkan bahwa produktivitas kerja berkaitan erat dengan pengaturan waktu kerja dan istirahat. Bekerja secara terus-menerus dalam durasi panjang tanpa jeda dapat menyebabkan kelelahan dan penurunan performa, sehingga diperlukan waktu istirahat untuk memulihkan energi tubuh. Pemberian istirahat pendek secara berkala terbukti mampu menurunkan beban kerja fisik dan membantu pekerja mempertahankan kinerja secara optimal (Rosyada et al., 2021). Selain itu, pengaturan waktu kerja yang lebih seimbang juga berkontribusi dalam menjaga produktivitas sekaligus mengurangi stres pekerja.

Kelelahan cenderung meningkat seiring dengan lamanya durasi kerja yang dilakukan, terutama jika tidak diimbangi dengan waktu istirahat yang cukup. Sebaliknya, pemberian istirahat yang memadai dapat membantu menurunkan tingkat kelelahan dan memulihkan energi tubuh. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa intervensi seperti pemberian sediaan tonikum pada hewan uji mampu menunda timbulnya kelelahan dan memperpanjang waktu aktivitas. Hingga saat ini, belum terdapat metode yang dapat mengukur kelelahan secara langsung, sehingga pengukuran yang dilakukan umumnya menggunakan indikator tertentu, baik secara subjektif maupun fisiologis, seperti kuesioner kelelahan dan parameter denyut jantung (Priatista, 2025; Farhandika & Modjo, 2025).

2. Tonikum

Menurut Ramli dan Pamoentjak (2000) dalam Damayanti (2008), “Tonikum adalah obat yang menguatkan badan dan merangsang selera makan”. Tonikum adalah istilah yang digunakan untuk kelas preparat obat-obatan yang dipercaya mempunyai kemampuan mengembalikan tonus normal pada jaringan. Tonikum mempunyai efek yang menghasilkan tonus normal yang ditandai dengan ketegangan terus-menerus (Dorlan, 1996 dalam Damayanti, 2009).

Mutschler (1986) dalam Damayanti (2008), menyatakan bahwa efek dari tonikum adalah berupa efek yang memacu dan memperkuat semua sistem organ serta

menstimulan perbaikan sel-sel tonus otot. Efek tonik terjadi karena efek stimulan yang dilakukan terhadap sistem saraf pusat. Efek tonus dapat digolongkan ke dalam golongan psikostimulansia. Senyawa ini dapat menghilangkan kelelahan dan penat, serta meningkatkan kemampuan berkonsentrasi dan kapasitas yang bersangkutan. “Tonik yaitu sediaan cair yang mengandung vitamin dan mineral, serta zat pahit. Komponen lain dalam tonik antara lain gliserofosfat dan senyawa besi” (Ramli dan Pamoentjak, 2000 dalam Restiani, 2009).

Restiani (2009), menyatakan bahwa efek tonik yaitu efek yang memacu dan memperkuat semua sistem dan organ serta menstimulan perbaikan sel-sel tonus otot. Efek tonik ini terjadi karena efek stimulasi yang dilakukan terhadap SSP (Sistem Saraf Pusat). Efek tonik dapat digolongkan ke dalam psikostimulansia (psikotonik) yang dapat meningkatkan aktivitas psikis, menghilangkan rasa kelelahan dan penat, serta meningkatkan kemampuan berkonsentrasi dan kapasitas yang bersangkutan. Seperti yang dikatakan Mutschler (1986) senyawa ini tidak memiliki khasiat antipsikotonik. Pada dosis yang amat berlebih merupakan racun kejang. Stimulan yang dihasilkan bekerja pada korteks yang mengakibatkan efek tahan lelah, dan stimulasi ringan. Pada medula menghasilkan efek peningkatan pernafasan, stimulasi vasomotor dan vagus. Euforia dapat menunda berkembangnya sikap negatif terhadap kerja yang melelahkan (Nieforth dan Cohen, 1981 dalam Restiani, 2009).

3. **Kafein**

Kafein merupakan senyawa kimia alkaloid terkandung secara alami pada lebih dari 60 jenis tanaman terutama teh (1- 4,8 %), kopi (1-1,5 %), dan biji kola(2,7-3,6 %). Kafein diproduksi secara komersial dengan cara ekstraksi dari tanaman tertentu serta diproduksi secara sintesis. Kebanyakan produksi kafein bertujuan untuk memenuhi kebutuhan industri minuman. Kafein juga digunakan sebagai penguat rasa atau bumbu pada berbagai industri makanan (Misra et al, 2008).

Kafein ditemukan pertama kali pada tahun 1827 dan dinamakan theine. Namun, setelah diketahui bahwa theine pada teh memiliki sifat yang sama dengan kafein pada kopi, nama theine tidak digunakan lagi. Jumlah kafein yang terkandung di dalam teh tergantung pada berbagai faktor seperti jenis daun teh, tempat tumbuhnya tanaman teh, ukuran partikel teh, serta metode dan lamanya waktu penyeduhan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa lokasi perkebunan teh mempengaruhi kadar kafein pada daun teh tersebut (Mokhtar et al, 2000).

Bersama-sama dengan teobromin dan teofilin, kafein, termasuk ke dalam senyawa kimia golongan xanthin. Ketiga senyawa tersebut mempunyai daya kerja sebagai stimulan sistem syaraf pusat, stimulan otot jantung, meningkatkan aliran darah melalui arteri koroner, relaksasi otot polos bronki, dan aktif sebagai diuretika, dengan tingkatan yang berbeda. Dan, tidak sama dengan yang lain, daya kerja sebagai stimulan sistem syaraf pusat dari kafein sangat menonjol sehingga umumnya digunakan sebagai stimulan sentral.

Kafein bekerja pada sistem syaraf pusat, otot termasuk otot jantung, dan ginjal. Pengaruh pada sistem syaraf pusat terutama pada pusat-pusat yang lebih tinggi, yang menghasilkan peningkatan aktivitas mental dan tetap terjaga atau bangun. Kafein meningkatkan kinerja dan hasil kerja otot, merangsang pusat pernapasan, meningkatkan kecepatan dan kedalaman napas. Daya kerja sebagai diuretika dari kafein, didapat dengan beberapa cara seperti meningkatkan aliran darah dalam ginjal dan kecepatan filtrasi glomerulus, tapi terutama sebagai akibat pengurangan reabsorpsi tubuler normal.

Kafein dapat mengakibatkan ketagihan ringan. Orang yang biasa minum kopi atau teh akan menderita sakit kepala pada pagi hari, atau setelah kira-kira 12-16 jam dari waktu ketika terakhir kali mengkonsumsinya.

Metabolisme di dalam tubuh manusia akan mengubah kafein menjadi lebih dari 25 metabolit, terutama paraxanthine, theobromine, dan theophylline. Jika terlampau banyak mengkonsumsi kafein akan menyebabkan sakit maag, insomnia, diuresis, pusing, dan gemeteran. Jika konsentrasi mencapai 10 nmol/mL dalam darah, kafein dapat menstimulasi sistem saraf pusat (Misra et al, 2008).

III. ALAT DAN BAHAN

1. Alat

Alat yang digunakan pada praktikum ini adalah kain kering, aquarium 2 buah, stopwatch dan spuit 1cc.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah air dan minuman berenergi yang mengandung kafein.

IV. CARA KERJA

1. Disiapkan hewan coba 2 ekor mencit tiap kelompok kerja mahasiswa
2. Direnangkan terlebih dahulu sebelum diberi sediaan pada hewan coba dalam akuarium sampai timbul kelelahan dengan tanda hewan uji menundukkan kepalanya di bawah permukaan air.
3. Dicatat waktu timbul kelelahan. Hewan uji diistirahatkan selama 30 menit, dan diberi perlakuan.
4. Pada mencit pertama berikan aquades sebanyak 1 ml secara p.o sebagai kelompok kontrol
5. Pada mencit kedua berikan minuman berenergi dengan volume 1 ml.
6. Setelah 30 menit direnangkan kembali kemudian dicatat waktu perpanjangan reaksi, yakni selisih waktu timbulnya lelah pada hewan uji setelah pemberian sediaan dan sebelum pemberian sediaan.

V. Data Pengamatan

Hewan Coba	Bobot (gram)	Vol. Aquadest	Vol. Minuman Energi	Sebelum perlakuan	Sesudah perlakuan
				Waktu daya tahan renang (menit)	Waktu daya tahan renang (menit)
Mencit (control)		1 ml	-		
Mencit (Minuman berenergi)		-	1 ml		

PERCOBAAN VII HARVESTING ORGAN

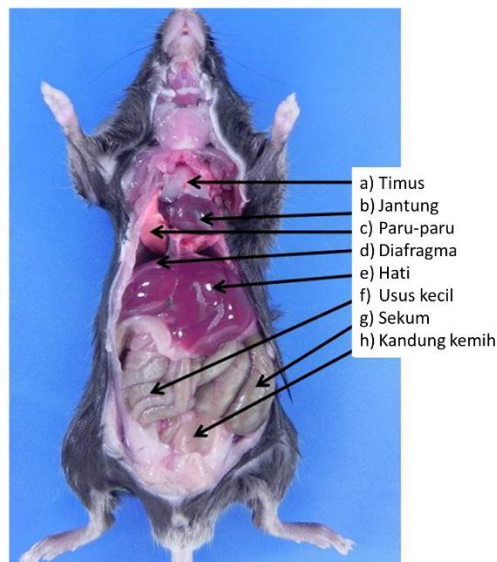
I. Tujuan

Mengambil organ tubuh hewan uji untuk difiksasi

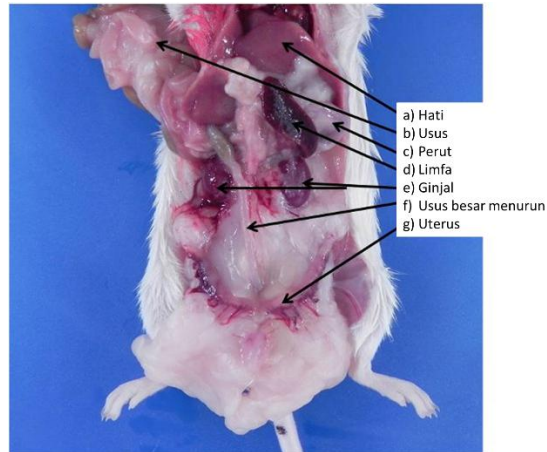
II. Dasar teori

Pada penelitian eksperimental selain sampel dapat dilkakukan pengambilan sampel darah dan juga sampel organ dari hewan uji. Organ yang diambil pada hewan uji kemudian dilakukan pemeriksaan sesuai variabel penelitian. Agar tidak terjadi kesalahan pada saat pengambilan organ, maka dibutuhkan pengetahuan anatomi hewan uji yang digunakan.

Organ, timus, jantung dan paru dapat diambil pada dada hewan uji. Pada abdomen hewan uji dapat diambil organ sistem pencernaan meliputi lambung, usus halus, sekum, hati, limpa dan pancreas. organ sistem urinari dapat pula diambil meliputi ginjal dan kantung empedu. Organ reproduksi pada hewan uji betina yang dapat diambil antara lain ovarium dan uterus, sedangkan pada hewan uji Jantan dapat diambil bagian testis, epididimis dan kelenjar preputsium.

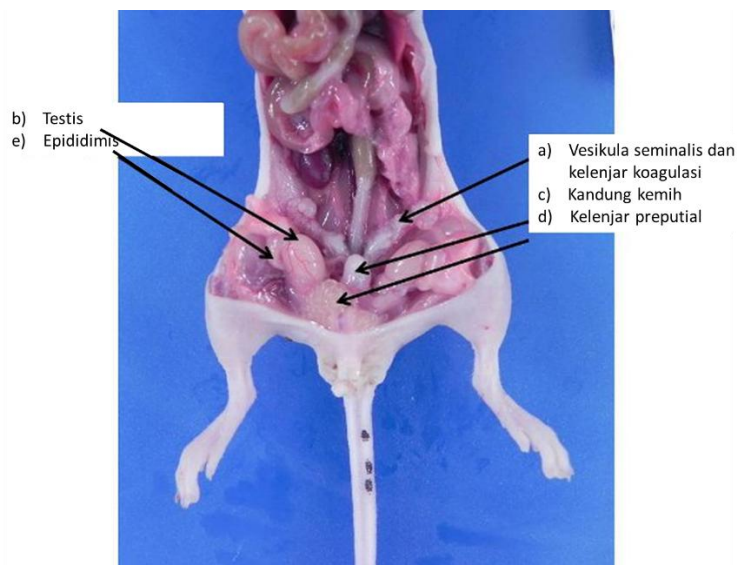


Gambar 74. Organ abdominal dan dada (thorax) pada hewan uji tikus. Organ tersebut biasanya terlihat ketika hewan uji dibuka pertama kali (Parkinson et al., 2011)

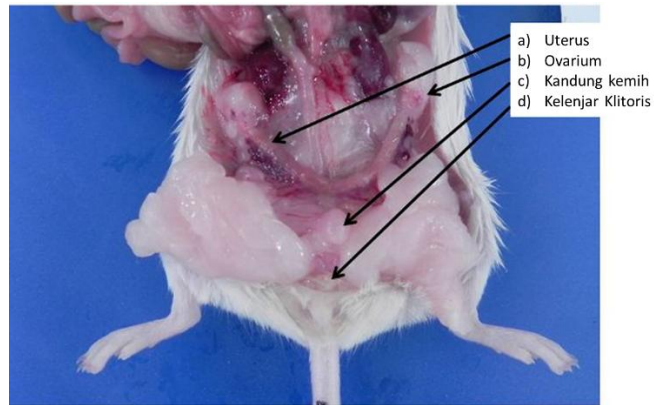


Gambar 75. Anatomi organ abdominal dan retroperitoneal tikus (Parkinson et al., 2011)

Setelah proses pengambilan organ, spesimen organ akan disimpan dalam larutan formalin untuk disimpan dalam larutan pengawet lain atau lemari pendingin sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Untuk pemeriksaan histopatologi, organ dapat disimpan dalam formalin 10% dengan posisi semua organ terendam dalam larutan pengawet tersebut. Organ yang diambil dapat dilakukan pemeriksaan histopatologi untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada organ, pemeriksaan untuk mengetahui adanya infiltrasi sel radang dan sel kolagen untuk proses peradangan dan perbaikan jaringan.



Gambar 76. Anatomi organ reproduksi pada tikus jantan (Parkinson et al., 2011)



Gambar 77. Anatomi organ reproduksi pada tikus betina (Parkinson et al., 2011)

III. Alat dan Bahan

Alat :

- Gunting bedah
- Pinset bedah
- Alas bedah
- Box tikus
- Tissue
- Gelas Kimia
- Jarum pentul

Bahan :

- Tikus
- NaCl 0,9%
- Ketamin Injeksi

IV. Prosedur Kerja

1. Siapkan alat dan bahan
2. Bius hewan uji tikus dengan menyuntikkan ketamin melalui intraperitoneal (dosis manusia 6,5 -13 mg/kg)
3. Tikus diletakkan diatas alas pembedahan dengan posisi terlentang serta pada tangan dan kaki tikus ditusukkan jarum pentul ke alas bedah untuk menahan hewan uji tikus

4. Tikus dibedah dengan cara membuka rongga perutnya secara tipis dengan gunting, dan membedahnya mulai dari anus sampai bawah kepala (kerongkongan) sehingga terlihat bagian dalam tubuhnya. Bedah tubuh tikus menggunakan gunting bedah
5. Amati bagian dalam organ tubuh tikus yang sudah terlihat
6. Cuci organ dengan menggunakan NaCl 0,9% sebanyak 3 kali pencucian
7. Lakukan dokumentasi pada setiap proses
8. Laporkan hasil praktikum dan catat organ apa saja yang diamati

V. Data Pengamatan

Foto	Keterangan
	Proses pembiusan mencit
	Proses pembedahan mencit
	Proses Pencucian dengan NaCl
	Organ yang telah diamati

Video Praktikum:

www.youtube.com/watch?si=ttka5bIZbP-FdavD&v=VEosXE0HeTE&feature=youtu.be

DAFTAR PUSTAKA

- Betts, J. G., Colledge, T. J., Desaix, P., Johnson, J. E., Wise, J. A., Womble, M., & Young, K. A., 2017. *Anatomy & Physiology*. Rice University.
- Farhandika, G. A., Modjo, R., 2025. Kelelahan Kerja di Kalangan Awak Kapal: Systematic Literature Review. *Jurnal Ilmiah Kedokteran dan Kesehatan*. Volume 4(3). <https://doi.org/10.55606/klinik.v4i3.4336>
- Grandjean, E., 1988. *Fitting the Task to the Man* (4th Ed.). London : Taylor & Francis Inc.
- Hall, J. E., 2016. *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (13th ed.). Elsevier.
- Hansen, J. T. ., Netter, F. H. ., & Machado, C. A. G., 2019. *Netter's Clinical Anatomy* (4th ed.). Elsevier
- Mutschater, ernst., 1991. *Dimika obat Farmakologi dan Toksikologi*. ITB : Bandung
- Ningsih, S. N. P. dan Nilamsari, N., 2018. Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Pada Pekerja Dipo Lokomotif PT. Kereta Api Indonesia (Persero). *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*. Vol 3 No 1: 69-82.
- Parkinson, C. M., O'Brien, A., Albers, T. M., Simon, M. A., Clifford, C. B., & Pritchett-Corning, K. R., 2011. Diagnostic necropsy and selected tissue and sample collection in rats and mice. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (54), 2966.
- Putz, R. dan Pabst, R., 2003. *Sobotta Atlas Anatomi Manusia Edisi 21 Jilid 1 (Kepala, Leher, Ekstremitas Atas)*. Jakarta: EGC.
- Priastida, M. R., 2025. Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Kerja di Indonesia pada Pekerja Konstruksi (Systematic Literature Review 2019-2024). *Jurnal Kesehatan Tambusai*, Volume 6(1). <https://doi.org/10.31004/jkt.v6i1.41657>
- Ramdan, I. M., 2018. Kelelahan Kerja Pada Penenun Tradisional Sarung Samarinda. Samarinda: Uwais.
- Rehman I, Hazhirkarzar B, Patel BC. *Anatomy, Head and Neck, Eye*. StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482428/>
- Rosyada, Z. F., Prastawa, H., Hidayah, M. F., and Nurlaili, E. P., 2021. Desain Pola Istirahat Pekerja Sising Dengan Pendekatan Fisiologis Untuk Meningkatkan Produktivitas. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, Volume 16(1), pp. 10-20. <https://doi.org/10.14710/jati.16.1.10-20>
- Sherwood, Lauralee., 2016. *Human Physiology : From Cells to Systems* (Graphic World Inc., Ed.; 9th ed.). Cengage Learning.
- Tjay, Tan Hoan dan K. Rahardja., 2021. *Obat-Obat Penting*. PT. Gramedia : Jakarta