



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

BIOLOGI



KELAS
XI



SISTEM GERAK PADA MANUSIA

BIOLOGI KELAS XI

PENYUSUN
Icih Tresnaasih, M.Pd
SMAN 3 Kuningan

DAFTAR ISI

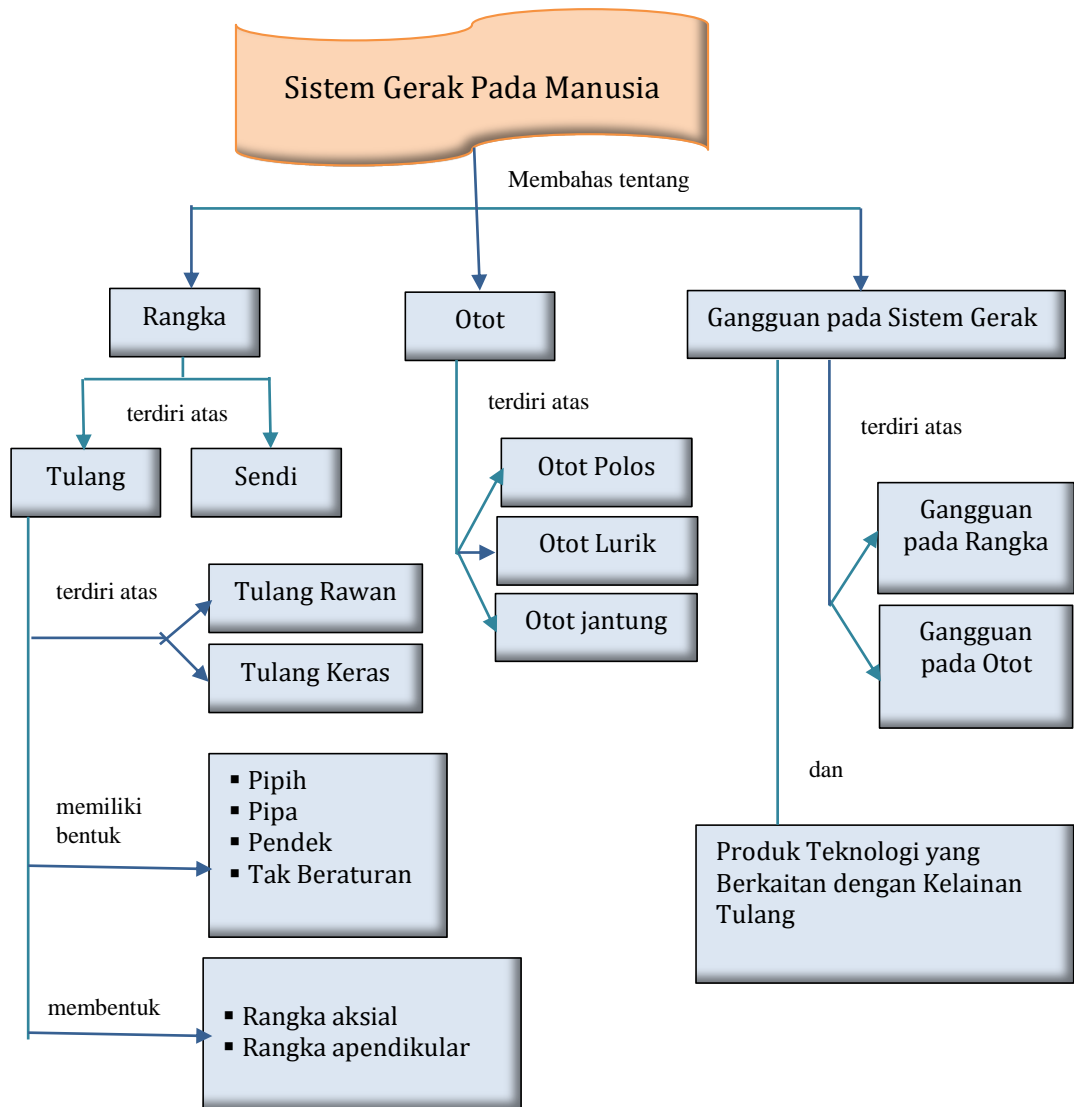
PENYUSUN.....	2
DAFTAR ISI.....	3
GLOSARIUM.....	5
PETA KONSEP	6
PENDAHULUAN.....	7
A. Identitas Modul	7
B. Kompetensi Dasar.....	7
C. Deskripsi Singkat Materi	7
D. Petunjuk Penggunaan Modul	7
E. Materi Pembelajaran	8
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	9
RANGKA MANUSIA	9
A. Tujuan Pembelajaran	9
B. Uraian Materi.....	9
C. Rangkuman	20
D. Penugasan Mandiri	20
E. Latihan Soal	21
F. Penilaian Diri	24
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	25
OTOT MANUSIA.....	25
A. Tujuan Pembelajaran	25
B. Uraian Materi.....	25
C. Rangkuman	32
D. Penugasan Mandiri	33
E. Latihan Soal	33
F. Penilaian Diri	36
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	37
KELAINAN PADA SISTEM GERAK MANUSIA	37
A. Tujuan Pembelajaran	37
B. Uraian Materi.....	37
C. Rangkuman	41
D. Penugasan Mandiri	41
E. Latihan Soal	41
F. Penilaian Diri	44

EVALUASI	45
DAFTAR PUSTAKA.....	49

GLOSARIUM

Amphiartrosis	: Hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya sedikit gerakan terbatas
Artikulasi	: Hubungan antartulang
Cakra epifise	: Bagian dari tulang pipa yang berupa daerah pertumbuhan tulang rawan yang berada di antara epifise dan diafise
Diafise	: Bagian terpanjang dari tulang pipa dan tengahnya berongga
Diartrosis	: Hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan lebih bebas.
Epifise	: Bagian ujung dari tulang pipa yang tersusun atas tulang rawan
Gerak antagonis	: Gerak otot dari pasangan otot dimana yang satu berlawanan dengan yang lain
Kartilago	: Tulang rawan
Kondroblas	: Sel-sel pembentuk tulang rawan
Kontraksi:	: Pemendekan sel otot akibat adanya rangsangan
Kondrosit	: Sel-sel tulang rawan Lakuna Tempat atau ruang yang di dalamnya terdapat sel-sel tulang
Lakuna	: Rongga bekas sel-sel tulang keras yang telah mati
Ligamen	: Jaringan yang mengikat bagian luar ujung-ujung tulang yang membentuk persendian dan menjaga agar posisi tulang tidak berubah
Miofibri	: Sel otot
Origo	: Ujung otot yang melekat pada tulang dan kedudukan tulang tidak berubah saat terjadi gerakan
Osifikasi	: Proses penguatan tulang
Osteoklas	: Sel perombak tulang
Osteon	: Tulang sejati/tulang keras
Otot jantung	: Otot yang mempunyai struktur seperti otot lurik, tetapi bekerja seperti otot polos, terletak pada jantung
Otot polos	: Otot yang terletak pada saluran alat-alat dalam tubuh, bekerja di luar kesadaran tanpa perintah otak
Otot rangka	: Otot yang melekat menutupi rangka disebut juga otot lurik
Persendian	: Hubungan antartulang yang memungkinkan pergerakan
Pita A	: Filamen halus dan filamen kasar yang saling tumpang tindih dan terdapat zona H
Pita I	: Daerah pada sebuah sarkomer yang dekat dengan Z dan biasanya tersusun atas filamen halus saja
Sinartrosis	: Hubungan antartulang yang sudah tidak dapat digerakkan lagi.
Zona H	: Daerah bagian dari pita A yang berada pada sebuah sarkomer dan hanya terdiri atas filamen tebal saja

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: Biologi
Kelas	: XI MIPA
Alokasi Waktu	: 6 JP
Judul Modul	: Sistem Gerak Pada Manusia

B. Kompetensi Dasar

- 3.5 Menganalisis hubungan antara struktur jaringan penyusun organ pada sistem gerak dalam kaitannya dengan bioproses dan gangguan fungsi yang dapat terjadi pada sistem gerak manusia.
- 4.5 Menyajikan karya tentang pemanfaatan teknologi dalam mengatasi gangguan sistem gerak melalui studi literatur.

C. Deskripsi Singkat Materi

Pada modul ini akan mempelajari sistem gerak yang terjadi pada tubuh manusia merupakan kelanjutan dari modul sebelumnya yang membahas mengenai jaringan hewan, tentu saja kalian telah memahami jenis dan ciri-ciri dari jaringan hewan. Sistem gerak dalam tubuh terdiri dari persendian, otot dan tulang-tulang yang bergabung membentuk rangka dan berguna untuk memberikan bentuk tubuh dan memudahkan manusia untuk melakukan aktivitas. Bagaimana seandainya tubuh manusia tidak memiliki kemampuan untuk bergerak, misalnya berjalan atau berlari.

Sistem gerak pada manusia terdiri dari alat gerak aktif dan alat gerak pasif. Alat gerak aktif manusia ialah otot-otot yang menempel pada tulang dan rangka manusia, sedangkan alat gerak pasif pada manusia adalah sekumpulan tulang-tulang yang membentuk rangka. Terjadinya gerak pada manusia disebabkan karena adanya kontraksi otot yang menggerakkan tulang. Dalam modul ini akan dijelaskan juga berbagai kelainan atau penyakit yang dapat terjadi pada sistem gerak manusia. Bagaimana keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem gerak manusia. Selain itu dapat mempelajari berbagai kelainan/penyakit dalam kehidupan sehari-hari yang terkait sistem gerak manusia termasuk berbagai teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasinya.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Sebelum mempelajari modul ini, perhatikanlah petunjuk penggunaan modul di bawah ini :

1. Keberhasilan belajar dengan modul ini tergantung dari kedisiplinan dan ketekunan kalian dalam memahami dan mematuhi langkah-langkah belajar dalam modul ini
2. Belajar dengan modul ini dapat dilakukan secara mandiri atau kelompok, baik di dalam atau di luar sekolah. Untuk pendalaman materi dan penyelesaian penugasan dapat dilakukan secara mandiri atau kelompok di luar atau di dalam sekolah.

3. Sebagian informasi mengenai sistem gerak pada manusia terdapat dalam modul ini, namun kalian dapat memperkaya pengetahuan dan memperdalam materi modul dengan mencari informasi di luar modul ini seperti buku atau website yang disarankan dalam modul ini.
4. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang harus kalian lakukan selama mempelajari modul ini :
 - a. Baca dan pahami kompetensi yang akan dipelajari dalam modul ini, cermati pula tujuan pembelajaran dari masing-masing kegiatan belajar
 - b. Baca dan pahami materi yang ada dalam modul ini dengan baik, jika menemukan kesulitan, kalian dapat mendiskusikannya dengan teman-teman, dan apabila belum terpecahkan, sebaiknya tanyakan kepada guru.
 - c. Jika modul ini dirasa belum cukup memberikan informasi, carilah referensi yang menunjang kalian dalam menyelesaikan kegiatan belajar dan tugas.
 - d. Modul ini dilengkapi dengan glosarium, jadi apabila dalam mempelajari modul menemukan beberapa kata sulit, kalian dapat mencari makna kata tersebut dalam glosarium.
 - e. Rangkuman materi akan mempermudah kalian untuk menemukan poin penting materi dan menyimpulkan materi dalam setiap kegiatan belajar
 - f. Kerjakan secara mandiri soal latihan dalam setiap kegiatan belajar dan soal tes penilaian akhir guna evaluasi keberhasilan belajar kalian.
 - g. Periksa hasil kegiatan belajar, tugas, dan latihan soal kalian dengan kunci jawaban dalam modul ini. Apabila hasil pekerjaan kalian belum benar, maka pelajari kembali materi yang berkaitan dengan hal tersebut dan perbaiki kesalahan kalian. Khusus untuk jawaban soal latihan dan tes penilaian akhir, perhatikan umpan balik di setiap akhir kegiatan dalam modul ini. Apabila hasil soal evaluasi mencapai 80% benar maka kalian dapat melanjutkan kegiatan belajar selanjutnya.
 - h. Untuk keberhasilan belajar kalian, dalam mempelajari modul ini, urutan kegiatan harus diikuti dengan benar.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **3** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Menguraikan fungsi serta struktur rangka tubuh pada manusia.

Kedua : Menguraikan klasifikasi otot serta mekanisme kerja otot pada manusia.

Ketiga : Menguraikan kelainan sistem gerak manusia serta teknologi yang berhubungan dengan kelainan sistem gerak pada manusia.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

RANGKA MANUSIA

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul kegiatan pembelajaran 1 ini Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan fungsi rangka.
2. Menjelaskan struktur rangka.
3. Menjelaskan osifikasi
4. Membedakan tulang rawan dan tulang keras.
5. Mengidentifikasi jenis tulang berdasarkan bentuknya.
6. Menguraikan hubungan antartulang

B. Uraian Materi

Sistem gerak adalah sistem organ pada manusia yang berperan dalam pergerakan tubuh yang terdiri dari alat gerak aktif dan alat gerak pasif. Alat gerak aktif manusia ialah otot-otot yang menempel pada tulang dan rangka manusia sedangkan alat gerak pasif pada manusia ialah sekumpulan tulang-tulang yang membentuk rangka. Rangka adalah susunan tulang-tulang dengan sistem tertentu. Rangka terletak dalam tubuh, terlindung atau terbalut oleh otot dan kulit. Rangka yang terdapat didalam tubuh disebut dengan rangka dalam atau *endoskeleton*.

Manusia memiliki rangka dalam yang disusun oleh tulang keras dan tulang rawan. Rangka manusia dibentuk dari tulang tunggal atau gabungan tulang (seperti tengkorak) yang ditunjang oleh struktur lain, seperti ligamen, tendon, dan otot. Rangka tubuh bagian dalam dilindungi/ditutupi oleh kulit dan daging. Hal ini bertujuan melindungi bagian-bagian dalam kerangka yang bersifat lunak dalam menghindari adanya kerusakan yang timbul akibat gesekan organ-organ lebih keras dibandingkan organ yang lunak.

1. Fungsi Rangka

Rangka merupakan alat gerak pasif yang tersusun atas tulang yang saling berhubungan. Tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh manusia mempunyai bentuk beraneka ragam sesuai dengan kedudukannya dalam tubuh serta fungsinya. Secara umum fungsi rangka adalah:

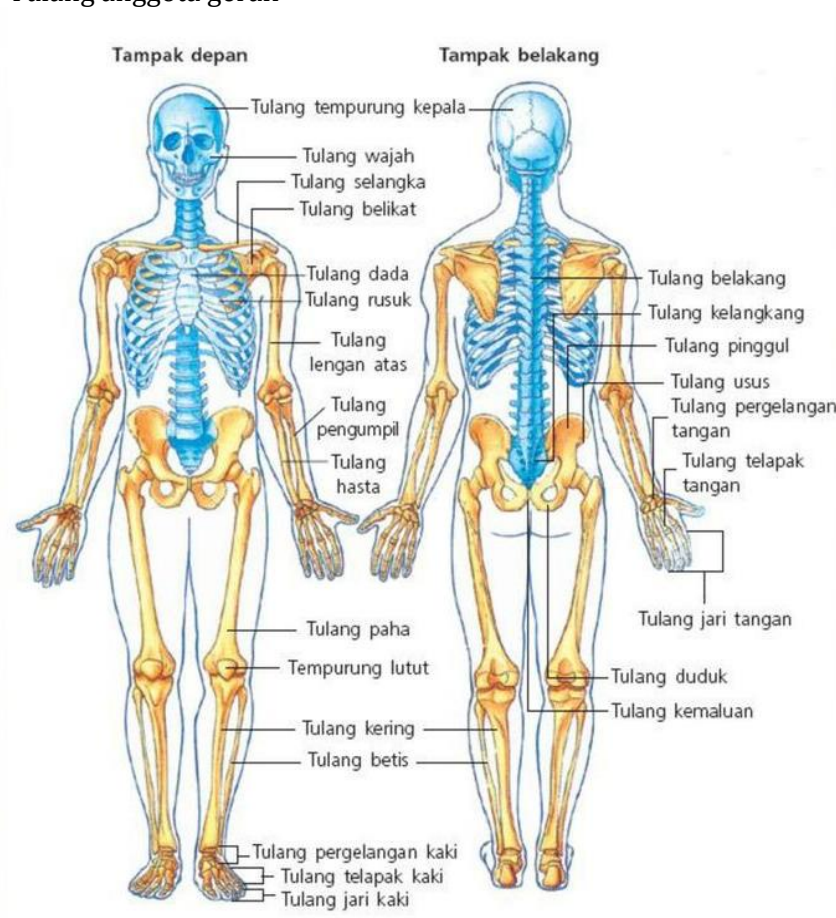
- Alat gerak pasif
- Memberikan bentuk tubuh
- Menahan dan menegakkan tubuh
- Tempat melekatnya otot
- Melindungi organ vital seperti otak, jantung, dan paru-paru
- Tempat pembentukan sel darah pada sumsum tulang
- Tempat penyimpanan kalsium dan fosfor

Berdasarkan letaknya, tulang penyusun rangka tubuh manusia dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Rangka Aksial yang terdiri dari:
 - 1) Tulang tengkorak
 - 2) Tulang belakang
 - 3) Tulang rusuk dan dada

b. Rangka Apendikular yang terdiri dari:

- 1) Tulang gelang bahu
- 2) Tulang gelang panggul
- 3) Tulang anggota gerak



Gambar 1.1 Struktur rangka manusia dan bagian-bagiannya
<https://www.worldofghibli.id/gambar-kerangka-tulang/>

a. Rangka Aksial

1) Tulang Tengkorak

Tulang tengkorak dibagi atas dua bagian, yaitu tulang tengkorak bagian kepala dan tulang tengkorak bagian muka (wajah)

Tulang tengkorak bagian kepala (tulang tempurung atau kranium)

Tulang tengkorak bagian kepala (kranium) mengelilingi dan melindungi otak. Saat bayi dilahirkan, tulang tengkorak bagian kepala belum menyatu sempurna. Namun dalam pertumbuhan dan perkembangannya tulang tengkorak tersebut menyatu membentuk tempurung kepala. Hubungan tulang tengkorak bagian kepala merupakan hubungan tulang yang tidak dapat digerakkan.

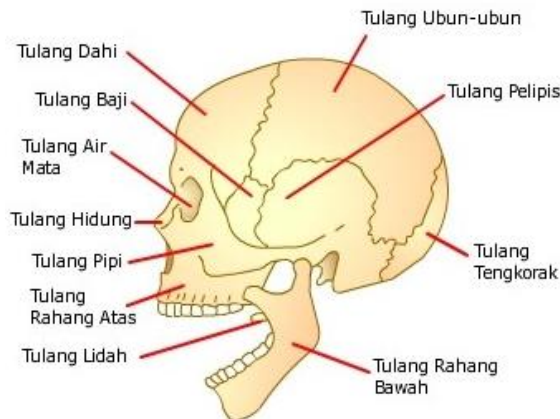
Tulang tengkorak bagian kepala terdiri atas 10 buah tulang yaitu:

- 1 tulang tengkorak belakang
- 1 tulang dahi
- 2 tulang ubun-ubun
- 2 tulang pelipis
- 2 tulang tapis
- 2 tulang baji

Tulang tengkorak bagian muka (wajah)

Tulang-tulang tengkorak bagian muka menyatu dan tidak dapat digerakan, kecuali tulang rahang bawah. Tulang tengkorak bagian muka terdiri atas:

- 2 tulang rahang atas
- 2 tulang rahang bawah
- 2 tulang pipi
- 2 tulang mata
- 2 tulang hidung
- 2 tulang langit-langit
- 1 tulang pangkal lidah



Gambar 1.2 Tulang tengkorak
Sumber: <https://www.materi.carageo.com>

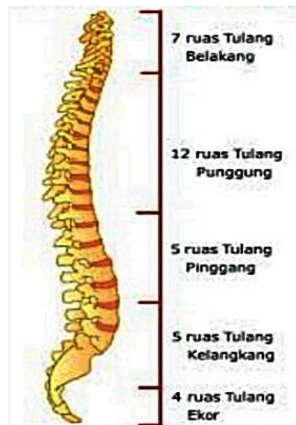
2) Tulang belakang

Fungsi tulang belakang adalah:

- Menyangga tulang tengkorak
- Menyokong tubuh
- Menjaga kesetabilan tubuh
- Tempat melekatnya tulang-tulang rusuk

Tulang belakang terdiri atas 33 ruas yang terbagi atas:

- 7 ruas tulang leher
- 12 ruas tulang punggung
- 5 ruas tulang pinggang
- 5 ruas tulang kelangkang yang menyatu
- 4 ruas tulang ekor yang menyatu



Gambar 1.3 Tulang Belakang
Sumber: <https://pengayaan.com>

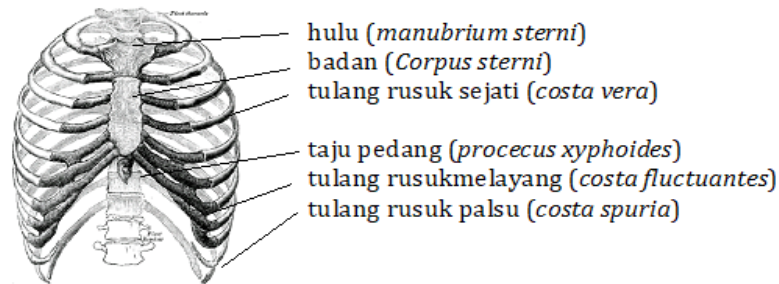
3) Tulang dada dan rusuk

Tulang dada merupakan tempat melekatnya tulang rusuk bagian depan. Tulang dada terdiri atas 3 bagian, yaitu:

- Bagian hulu (tungkai)
- Bagian badan (bagian tengah)
- Bagian taju pedang (terbuat dari tulang rawan)

Tulang rusuk terdiri dari 3 jenis tulang, yaitu:

- 7 pasang tulang rusuk sejati.
- 3 pasang tulang rusuk palsu.
- 2 pasang tulang rusuk melayang.



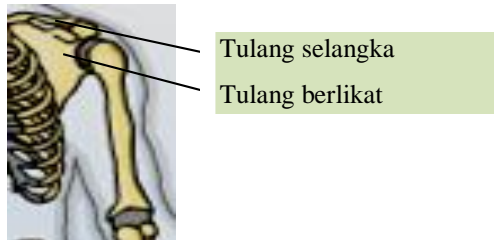
Gambar 1.4 Tulang Dada dan Tulang Rusuk
Sumber: <https://www.quipper.com>

b. Rangka Apendikular

1) Tulang gelang bahu

Tulang gelang bahu terdiri atas:

- 2 tulang belikat
- 2 tulang selangka yang melakat pada tulang dada

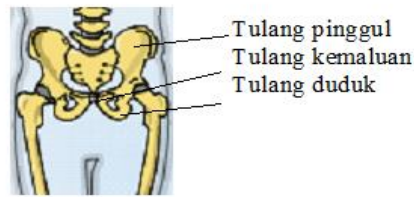


Gambar 1.5 Tulang Gelang Bahu
Sumber: <https://id.pinterest.com>

2) Tulang gelang panggul

Tulang gelang panggul terdiri atas 3 jenis tulang yang berkaitan erat sehingga membentuk suatu lingkaran yang berlubang. Ketiga tulang tersebut adalah:

- 2 tulang pinggul (tulang usus)
- 2 tulang duduk
- 2 tulang kemaluan



Gambar 1.6 Tulang Gelang Panggul
Sumber: <https://id.pinterest.com>

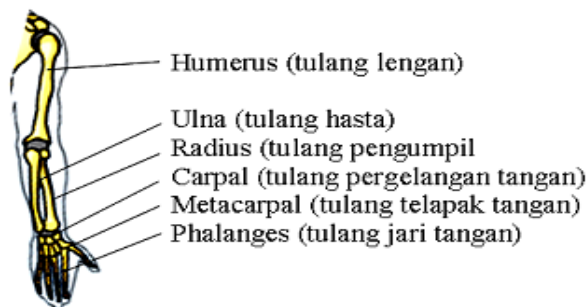
3) Tulang Anggota Gerak

Tulang anggota gerak dibedakan atas 2 kelompok, yaitu sepasang tulang anggota gerak bagian atas (lengan atau tangan) dan sepasang tulang anggota gerak bagian bawah (kaki atau tungkai).

a) Tulang anggota gerak bagian atas (lengan atau tangan)

Fungsi utama tulang anggota gerak bagian atas adalah untuk melakukan berbagai aktivitas. Tulang anggota gerak bagian atas (lengan atau tangan) terdiri atas:

- 2 tulang lengan atas
- 2 tulang pengumpil
- 2 tulang hasta
- 16 atau (2 x 8) ruas pergelangan tangan
- 10 atau (2 x 5) tulang telapak tangan
- 28 atau (2 x 14) tulang jari tangan.



Gambar 1.7 Tulang Anggota Gerak Atas
Sumber: <https://id.pinterest.com>

b) Tulang anggota gerak bagian bawah (kaki atau tungkai)

Fungsi utama tulang anggota gerak bagian bawah adalah untuk menopang berat tubuh dan mengatur gerak tubuh ketika berjalan. Tulang anggota gerak bagian bawah (kaki atau tungkai) terdiri atas:

- 2 tulang paha
- 2 tulang tempurung lutut
- 2 tulang kering
- 2 tulang betis
- 14 atau (2 x 7) tulang pergelangan kaki
- 10 atau (2 x 5) tulang telapak kaki
- 28 atau (2 x 14) tulang jari kaki



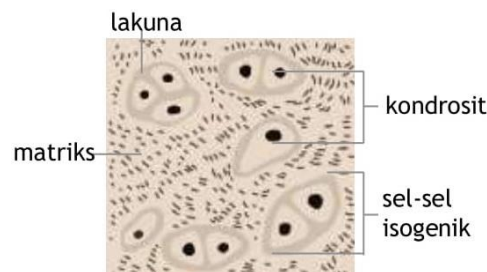
Gambar 1.8 Tulang Anggota Gerak Bawah
Sumber: <https://id.pinterest.com>

2. Jenis Tulang

a. Tulang rawan

Tulang rawan bersifat lentur, tersusun atas sel-sel tulang rawan (kondrosit) yang mensekresikan matriks (kondrin) berupa hialin atau kolagen. Pada tulang rawan mengandung sedikit zat kapur, itulah sebabnya tulang rawan bersifat lentur.

Pada masa bayi atau masa pertumbuhan sebagian besar tulang masih berupa tulang rawan. Seiring dengan pertumbuhan bayi dan pertambahan usia, tulang-tulang rawan banyak mengandung sel-sel dan mengalami penulangan (osifikasi) sehingga tulang tidak lentur lagi karena tumbuh menjadi keras. Akan tetapi ada juga beberapa tulang yang tidak mengalami penulangan. Misalnya, pada bagian persendian, daun telinga, hidung, bronkus, trakea, dan ruas-ruas tulang belakang. Gambar tulang rawan sebagai berikut.



Gambar 1.9 Tulang Rawan
Sumber: <https://id.pinterest.com>

Tabel 1.1 Perbandingan Tulang Rawan

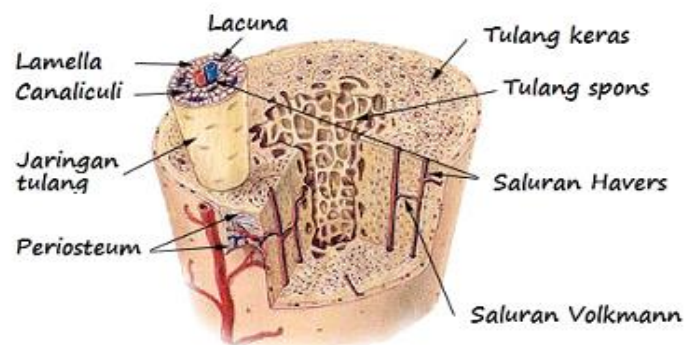
Tulang rawan hialin	Tulang rawan elastis	Tulang rawan fibrosa
Bersifat halus dan transparan	Bersifat lentur	Bersifat kurang lentur
Matriksnya homogen	Matriksnya memiliki serabut elastis yang bercabang-cabang	Matriksnya mengandung serabut-serabut kolagen
Terdapat pada permukaan persendian dan trakea	Terdapat pada hidung dan daun telinga	Terdapat pada ruas-ruas tulang belakang, lutut, tendon (ujung otot yang melekat pada tulang) dan ligament

Berdasarkan tabel tersebut bahwa tulang rawan memiliki tiga tipe, yaitu *hialin*, *fibrosa*, dan *elastis*.

b. Tulang keras (tulang sejati)

Pembentukan tulang keras berawal dari kartilago (berasal dari mesenkim). Tulang keras tersusun dari jaringan tulang keras, yang terdiri dari sel-sel tulang (osteosit) yang membentuk lingkaran. Di tengah-tengah sel tulang terdapat saluran Havers. Di dalam saluran Havers terdapat pembuluh kapiler yang berfungsi untuk mengangkut sari makanan dan oksigen pada sel tulang. Pada tulang keras banyak mengandung zat kapur (kalsium) dan sedikit mengandung zat perekat. Matriks akan mengeluarkan kapur dan fosfor yang menyebabkan tulang menjadi keras. Proses pengerasan tulang disebut penulangan atau osifikasi. Jenis osifikasi adalah desmal dan kondral. Kondral meliputi perikondral dan enkondral. Desmal merupakan penulangan pada tulang keras, sedangkan kondral adalah penulangan pada tulang rawan.

Sel-sel tulang keras yang telah mati akan membentuk rongga bekas sel tulang yang disebut lakuna. Setiap lakuna dapat berhubungan satu sama lainnya melalui saluran-saluran kecil yang disebut kanalikuli. Tulang keras terdapat pada seluruh tulang anggota gerak. Lapisan luarnya keras (tulang kompak) dan mengelilingi rongga yang disebut rongga sumsum. Jadi, tulang tidak rapat, tetapi berongga di tengahnya. Seandainya semua tulang rapat tanpa rongga, tubuh kita sangat berat dan akan sulit digerakkan.



Gambar 1.10 Tulang Keras

Sumber : <http://ibekguevara.blogspot.com>

3. Bentuk Tulang

Rangka adalah susunan tulang-tulang dengan sistem tertentu. Berdasarkan bentuknya tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu:

a. Tulang pipih

Tulang pipih berbentuk pipih atau tipis, contohnya adalah tulang rusuk, tulang belikat, tulang dada, dan tulang tengkorak. Di dalamnya berisi sumsum merah, tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih. Tulang pipih memiliki dua lapisan tulang kompakta yang disebut lamina eksterna dan interna osiskrani yang dipisahkan oleh satu lapisan tulang spongiosa yang disebut *diploe*.

b. Tulang pendek

Tulang pendek berbentuk kubus atau pendek tidak beraturan, contohnya ruas-ruas tulang belakang, pangkal lengan, pergelangan tangan, pergelangan kaki dan pangkal kaki. Di dalamnya berisi sumsum merah, tempat pembuatan sel darah

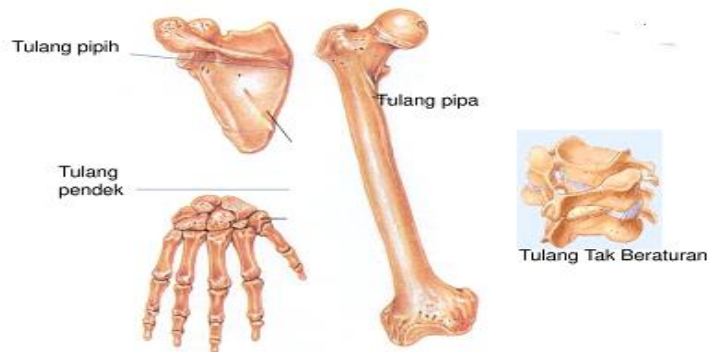
merah dan sel darah putih. Tulang ini memiliki inti tulang spongiosa yang dikelilingi tulang kompakta. Bentuk pendek dan bulat.

c. Tulang pipa

Tulang pipa terdiri atas *epifisis* (bagian ujung tulang yang membesar seperti bongkol) dan *diafisis* (bagian tengah tulang di antara dua epifisis). Di antara diafisis dan epifisis terdapat tulang rawan berbentuk lempengan atau *cakram epifisis*. Jika cakra epifisis masih aktif, maka tulang pipa masih dapat memanjang. Cakra epifisis tidak aktif lagi sekitar umur 20 tahun.

d. Tulang tak berbentuk

Tulang tak berbentuk memiliki bentuk yang tidak teratur. Tulang ini tidak memiliki bentuk, seperti pipa, pendek, atau pipih. Contoh tulang tak berbentuk, yaitu wajah dan tulang belakang.



Gambar 1.11 Bentuk tulang
Sumber : <http://slideplayer.info>

Untuk lebih jelasnya, berikut ini tabel perbedaan tulang pipa, tulang pendek, dan tulang pipih.

Tabel 1.2 Perbedaan Tulang Pipa, Tulang Pendek, dan Tulang Pipih

No	Ciri	Tulang pipa	Tulang pendek	Tulang pipih
1.	Bentuk dan ciri	Seperti pipa (bulat memanjang), dan tengahnya berlubang	Bulat dan pendek dan tengahnya berlubang	Pipih terdiri atas lempengan tulang kompak dan spons
2.	Terdapat pada	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Tulang lengan ➢ Tulang paha ➢ Tungkai ➢ Ruas-ruas tulang jari 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Pergelangan tangan ➢ Pergelangan kaki ➢ Telapak tangan ➢ Telapak kaki ➢ Ruas-ruas tulang belakang 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Tulang rusuk ➢ Tulang dada ➢ Tulang belikat ➢ Tulang panggul ➢ Tulang dahi

4. Osifikasi

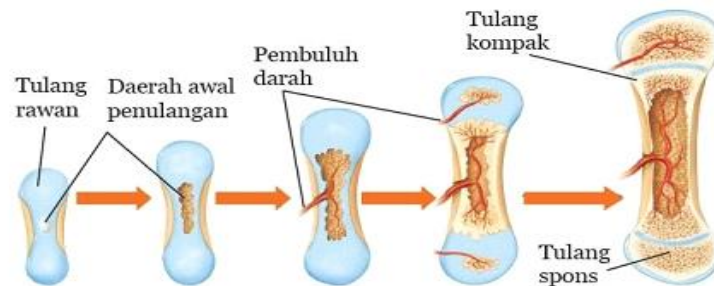
Osifikasi (proses pembentukan tulang) adalah proses dimana sel-sel *mesenkim* dan *kartilago* diubah menjadi tulang selama perkembangan. Awal pembentukan rangka berupa tulang rawan, pada manusia terbentuk secara sempurna pada akhir bulan kedua atau awal bulan ketiga pembentukan embrio. Pembentukan tulang ini bertahap dari dalam ke luar. Sel-sel osteoblas juga menempati jaringan pengikat yang ada di sekeliling rongga. Sel-sel tulang ini mengelilingi saluran haversi yang berisi pembuluh darah kapiler arteri, vena, dan serabut saraf membentuk satu sistem yang disebut sistem havers. Pembuluh darah sistem havers mengangkut zat

fosfor dan kalsium menuju matriks sehingga matriks tulang menjadi keras. Kekerasan tulang diperoleh dari kekompakan sel-sel penyusun tulang.

Apabila matriks tulang berongga, maka akan membentuk tulang spons, contohnya tulang pipih. Sedangkan, jika matriks tulang menjadi padat dan rapat, maka akan terbentuk tulang keras atau tulang kompak, contohnya tulang pipa berbentuk tabung dengan kedua ujung membulat. Rongga sumsum tulang dan rongga tulang spongiosa mengandung sumsum tulang kuning (terdiri atas sel lemak) dan sumsum tulang merah (tempat pembentukan sel darah merah).

Proses osifikasi pada tulang pipa terjadi dalam beberapa tahap, yaitu:

- Penulangan diawali dari tulang rawan yang banyak mengandung osteoblas. Bagian yang paling banyak mengandung osteoblas adalah epifisis dan diafisis.
- Tulang rawan yang telah dihasilkan memiliki rongga yang akan terisi osteoblas.
- Kemudian osteosit dibentuk ke arah luar, atau berbentuk konsentris (saluran Havers).
- Di sekitar osteosit, dibentuk matriks tulang dari senyawa protein yang mengandung kalsium dan fosfor.
- Pembentukan pusat osifikasi sekunder muncul pada setiap epifisis. Osifikasi sekunder ini menyebabkan pemanjangan tulang.



Gambar 1.12 Proses Osifikasi

Sumber: Reece et al. 2012

5. Hubungan Antartulang

Hubungan antartulang di dalam tubuh disebut artikulasi. Agar artikulasi dapat bergerak, diperlukan struktur khusus yang disebut sendi. Terbentuknya sendi dimulai dari kartilago di daerah sendi. Mula-mula kartilago akan membesar lalu kedua ujungnya akan diliputi jaringan ikat. Kemudian kedua ujung kartilago membentuk sel-sel tulang, keduanya diselaputi oleh selaput sendi (membran sinovial) yang liat dan menghasilkan minyak pelumas tulang yang disebut cairan sinovial.

Di dalam sistem rangka manusia, terdapat tiga jenis hubungan antartulang yaitu sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.

a. Sinartrosis

Sinartrosis adalah hubungan antartulang yang direkatkan oleh suatu jaringan ikat yang mengalami osifikasi sehingga tidak memungkinkan adanya gerakan.

b. Amfiartrosis

Amfiartrosis adalah hubungan antartulang yang dihubungkan oleh kartilago sehingga memungkinkan terjadinya sedikit gerakan.

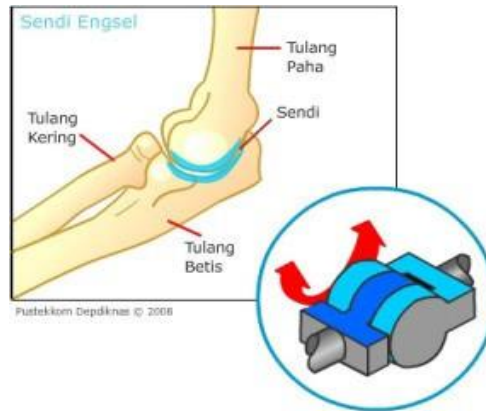
c. Diartrosis.

Diartrosis adalah hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya gerakan tulang secara lebih bebas

Jenis hubungan antartulang yang bersifat diartrosis adalah sebagai berikut:

1) Sendi Engsel

Sendi engsel merupakan hubungan antara bonggol tulang yang masuk ke dalam mangkuk tulang yang tidak terlalu dalam dan adanya bagian pengganjal. Pada sendi engsel, gerakannya satu arah seperti gerak engsel pintu. Contohnya sendi pada siku, lutut, mata kaki, dan ruas antarjari.

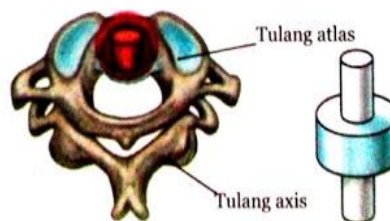


Gambaran 1.13. Sendi Engsel
<https://www.wattpad.com/>

2) Sendi Putar

Pada sendi putar, ujung tulang yang satu dapat mengitari ujung tulang yang lain. Bentuk seperti ini memungkinkan gerakan rotasi dengan satu poros. Contohnya sendi antara tulang hasta dan tulang pengumpil dan sendi antara tulang atlas dengan tulang tengkorak. Pada sendi putar, ujung tulang yang satu dapat mengitari ujung tulang yang lain.

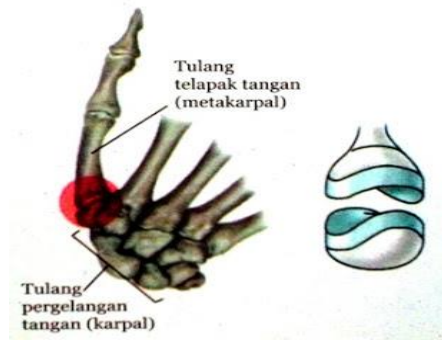
Bentuk seperti ini memungkinkan gerakan rotasi dengan satu poros. Contohnya sendi antara tulang hasta dan tulang pengumpil dan sendi antara tulang atlas dengan tulang tengkorak.



Gambaran 1.14 Sendi Putar
<https://www.wattpad.com/>

3) Sendi Pelana

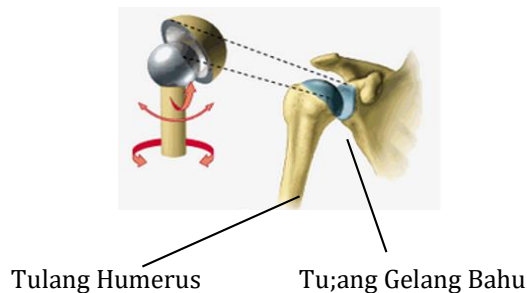
Sendi pelana merupakan hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya gerakan dua arah. Contohnya adalah sendi antara tulang telapak tangan dengan pergelangan tangan dan dengan ruas jari tangan.



Gamnbar 1.15. Sensi Pelana
<https://www.wattpad.com/>

4) Sendi Peluru

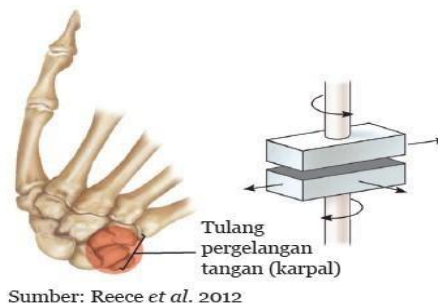
Pada sendi peluru, kedua ujung tulang berbentuk lekuk dan bongkol. Bentuk ini memungkinkan gerakan bebas ke segala arah. Misalnya sendi antara tulang gelang bahu dan lengan atas, antara tulang gelang panggul dan paha.



Gamnbar 1.16. Sensi Peluru
<https://www.wattpad.com/>

5) Sendi Luncur atau Sendi Geser

Pada sendi ini, kedua ujung tulang agak rata sehingga menimbulkan gerakan menggeser. Contohnya sendi antartulang pergelangan tangan dan antartulang pergelangan kaki. Pada sendi ini, kedua ujung tulang agak rata sehingga menimbulkan gerakan menggeser. Contohnya sendi antartulang pergelangan tangan dan antartulang pergelangan kaki.

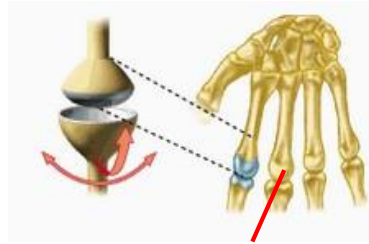


Sumber: Reece *et al.* 2012

Gamnbar 1.17. Sensi Luncur
<https://www.wattpad.com/>

6) Sendi Kondoloid

Sendi kondiloid terjadi di antara dua tulang yang permukaannya berbentuk oval. Berupa gerak ke samping dan gerak maju mundur, tetapi tidak mengitari poros. Contohnya sendi pada tulang pergelangan tangan.



Tulang Pergelangan Tangan

Gambaran 1.18. Sendi Kondoloid

<https://www.wattpad.com/>

C. Rangkuman

1. Sistem gerak pada manusia terbagi dua, yaitu sistem gerak aktif dan sistem gerak pasif. Tulang sebagai alat gerak pasif dan otot sebagai alat gerak aktif.
2. Fungsi tulang rangka sebagai berikut.
 - a. Alat gerak pasif.
 - b. Memberi bentuk tubuh.
 - c. Melindungi alat-alat atau bagian tubuh yang lunak.
 - d. Tempat melakatnya otot-otot rangka.
 - e. Tempat pembentukan sel darah dan penimbunan mineral.
3. Pada manusia rangka tubuh dibagi menjadi dua yaitu rangka aksial dan apendikular. Rangka aksial terdiri atas tulang tengkorak, tulang belakang, tulang rusuk dan tulang dada. Rangka apendikular terdiri atas tulang gelang bahu, tulang gelang panggul dan tulang anggota gerak.
4. Menurut jenisnya, tulang dibedakan menjadi tulang rawan dan tulang keras.
5. Menurut bentuknya, tulang dibedakan menjadi tulang pipih, tulang pendek, dan tulang pipa.
6. Hubungan antartulang disebut artikulasi (persendian) yang dikelompokkan menjadi sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.

D. Penugasan Mandiri

1. Kalian telah menyimak penjelasan tentang ciri-ciri tulang rawan dan tulang keras. Sekarang, identifikasikan letak kedua jenis tulang tersebut dalam susunan rangka tubuh manusia. Lengkapilah tabel perbandingan tulang keras dan tulang rawan.

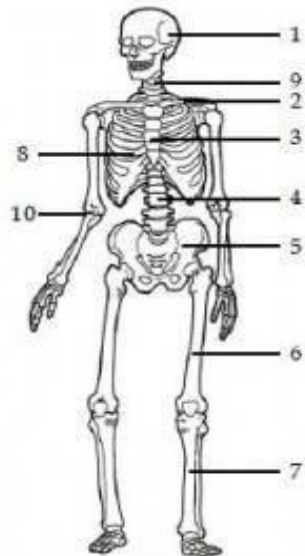
Bagian	Tulang keras	Tulang Rawan		
		Hialin	Fibrosa	Elastis
Ciri-ciri				
Contoh				

2. Pada rangka manusia terdapat persendian yang merupakan hubungan antar tulang. Persendian apakah yang dapat bergerak bebas? Jelaskan dan berikan contohnya!

E. Latihan Soal

Pilihlah satu jawaban yang paling benar

1. Tulang merupakan jaringan elastis yang hidup, yang dipecah dan dibangun untuk menyusun rangka manusia selama kehidupan. Fungsi rangka tubuh sebagai berikut, kecuali
 - A. tempat melekatnya otot-otot
 - B. tempat pembentukan sel-sel darah
 - C. penyokong dan penopang tubuh
 - D. dapat melakukan gerak aktif
 - E. tempat penimbunan mineral
2. Perhatikan gambar rangka pada manusia berikut ini!



Anggota tulang aksial ditunjukkan oleh nomor

- A. 1, 3, 4, dan 9
 - B. 1, 3, 4, 5, dan 9
 - C. 3, 5, 6, dan 10
 - D. 2, 5, 6, dan 10
 - E. 3, 8, 9, , dan 10
3. Osifikasi adalah pembentukan tulang rawan menjadi tulang. Proses osifikasi sesuai urutan yang benar adalah
 - A. osteoblas-osteosit-mineralisasi P dan Ca-pengisian matriks
 - B. osteoblas-osteosit-pengisian matriks-mineralisasi P dan Ca
 - C. osteosit-osteoblas-pengisian matriks-mineralisasi P dan Ca
 - D. osteosit-osteoblas-mineralisasi P dan Ca-pengisian matriks
 - E. osteoblas-pengisian matriks-osteosit-mineralisasi P dan Ca
 4. Tulang rawan dan tulang keras mempunyai perbedaan. Hal yang membedakan kedua macam tulang tersebut adalah
 - A. tulang rawan banyak mengandung kalsium, tulang keras lebih sedikit
 - B. tulang rawan keras dan kaku sedangkan tulang keras lunak, dan lentur
 - C. tulang rawan tersusun oleh sel kondrosit, sedangkan tulang keras tersusun oleh sel osteosit
 - D. tulang rawan tersusun oleh sel osteosit, sedangkan tulang keras tersusun oleh sel kondrosit
 - E. tulang rawan banyak mengandung kalsium, sedangkan tulang keras banyak mengandung kolagen

5. Tulang-tulang berikut yang merupakan contoh tulang pendek pada manusia adalah
 - A. tulang tengkorak dan tulang ekor
 - B. tulang belikat dan tulang dada
 - C. tulang pergelangan kaki dan tulang belakang
 - D. tulang betis dan tulang dada
 - E. tulang pergelangan kaki dan tulang hasta
6. Hubungan antara tulang yang tidak memungkinkan terjadinya gerak seperti tulang-tulang penyusun tengkorak disebut...
 - A. Diartrosis
 - B. Amfiartrosis
 - C. Sinartrosis
 - D. Artikulasi
 - E. Thrombosis

Kunci Jawaban dan Pembahasan

No Soal	Kunci Jawaban	Pembahasan
1	D	Rangka manusia berfungsi menegakkan tubuh, sebagai alat gerak pasif, memberi bentuk tubuh, melindungi bagian tubuh yang penting (vital) dan lemah, tempat pembentukan sel darah, tempat melekatnya otot rangka, serta tempat penyimpanan mineral yaitu zat kapur (kalsium) dan fosfat. Alat gerak aktif adalah otot.
2	A	Yang merupakan anggota tulang aksial adalah tulang tengkorak, tulang belakang, tulang dada, dan tulang rusuk.
3	B	Proses osifikasi: osteoblas-osteosit-pengisian matriks-mineralisasi P dan Ca a. Penulangan diawali dari tulang rawan yang banyak mengandung osteoblas. Bagian yang paling banyak mengandung osteoblas adalah epifisis dan diafisis. b. Terjadi perkembangan pusat osifikasi primer yang disertai dengan perluasan bone collar. c. Pada bagian sentral tulang terjadi perombakan sel-sel tulang (reabsorpsi tulang) sehingga pembuluh darah mulai masuk dan terbentuk rongga sumsum tulang. d. Pembentukan pusat osifikasi sekunder muncul pada setiap epifisis. Osifikasi sekunder ini menyebabkan pemanjangan tulang.
4	C	Tulang rawan lebih elastis dari tulang keras. Tulang rawan terdapat pada ujung tulang pipa, daun telinga, cuping hidung, serta ujung tulang pembuat sendi gerak. Penyusunnya terdiri dari protein, kolagen, dan fosfor. Adanya zat kapur membuat tulang menjadi keras dan tak mudah patah.
5	C	Yang merupakan bagian dari tulang pendek adalah tulang pergelangan kaki dan tulang belakang.
6	C	Sinartrosis merupakan persendian yang tidak memungkinkan adanya pergerakan. Ada dua macam persendian sinartrosis yaitu sinartrosis sinkondrosis dan sinfibrosis. Sementara itu, diartrosis merupakan persendian yang memungkinkan terjadinya gerakan yang sangat bebas. Amfiartrosis adalah persendian yang dihubungkan oleh tulang rawan, jaringan ikat dan ligamen sehingga hanya sedikit pergerakan. Artikulasi merupakan nama lain dari persendian.

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Anda telah mampu menjelaskan fungsi rangka ?		
2	Apakah Anda telah mampu menjelaskan struktur rangka?		
3	Apakah Anda telah mampu menjelaskan proses osifikasi?		
4	Apakah Anda telah mampu membedakan tulang rawan dan tulang keras?		
5	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi jenis tulang berdasarkan bentuknya?		
6	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi susunan tulang pada manusia?		
7	Apakah Anda telah mampu menjelaskan persendian pada manusia?		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

OTOT MANUSIA

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul kegiatan pembelajaran 2 ini kalian diharapkan mampu:

1. Menjelaskan macam-macam otot.
2. Menjelaskan sifat kerja otot.
3. Menjelaskan energi untuk kerja otot
4. Menguraikan mekanisme kerja otot.

B. Uraian Materi

Otot merupakan alat gerak aktif karena kemampuannya untuk melakukan kontraksi (memendek) dan relaksasi (memanjang atau kembali ke ukuran semula). Dalam tubuh otot menyusun 40% berat tubuh. Otot dapat menggerakkan tulang karena ada bagian otot yang melekat pada tulang yang disebut tendon.

Tanpa otot kita tidak akan bisa menggerakkan bagian tubuh kita. Terkadang selepas berolahraga tubuh kita terasa lelah sampai sulit untuk bergerak. Hal ini dikarenakan saat berolahraga otot kita akan berkontraksi lebih sering dan lebih lama dari biasanya sehingga bisa mengalami kelelahan otot yang membuat kita menjadi sulit bergerak.

Ada 4 sifat atau kemampuan yang dimiliki otot, yaitu:

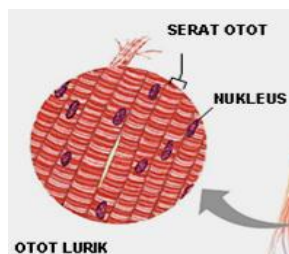
- Kontraktibilitas, yaitu kemampuan otot memendek dan menegang.
- Ekstensibilitas, yaitu kemampuan otot memanjang .
- Kemampuan elastisitas atau kekenyalan.
- Kepekaan terhadap rangsangan (*irritabilitas*)

1. Macam-Macam Otot

Berdasarkan bentuk, susunan, dan cara kerjanya, otot manusia dibedakan 3 macam, yaitu: otot lurik (otot rangka), otot polos, dan otot jantung.

a. Otot lurik (otot rangka)

Di sebut otot lurik karena sel otot ini memiliki bagian yang gelap dan terang yang memberikan penampakan seperti lurik. Disebut otot rangka, karena otot ini melekat pada tulang (rangka) yang berfungsi sebagai alat gerak aktif. Otot lurik terdapat pada sebagian besar tubuh dan anggota gerak. Ujung otot lurik yang melekat pada tulang disebut urat otot (tendon). Tendon merupakan jaringan ikat yang kuat dan liat.



Gambar 2.1 Otot Lurik

Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

Bagian-bagian otot lurik meliputi tendon dan serabut otot.

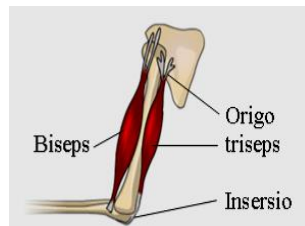
1) Tendon, merupakan jaringan yang kuat dan liat yang terdapat pada ujung-ujung otot.

Berdasarkan posisinya pada otot, tendon dibedakan:

- Origo, merupakan tendon yang melekat pada tulang yang tidak dapat digerakkan.
- Inserio, merupakan tendon yang melekat pada tulang yang dapat digerakkan.

Berdasarkan jumlah tendonnya, otot dibedakan atas:

- Otot bisep, yaitu otot yang memiliki dua buah tendon pada bagian ujungnya
- Otot trisep, yaitu otot yang memiliki tiga buah tendon pada bagian ujungnya



Gambar 2.2 Tendon

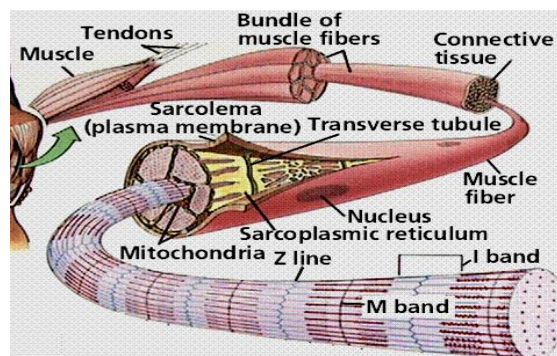
Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

2) Serabut otot

Serabut otot memiliki bagian yang gelap dan terang yang memberikan kenampakan seperti lurik. Kenampakan lurik tersebut disebabkan oleh protein otot yang terdiri atas 2 jenis, yaitu aktin dan myosin.

Ciri-ciri otot lurik

- Sel-selnya berbentuk silindris panjang
- Sel-selnya memiliki serat-serat yang menampakan bagian yang gelap dan terang sehingga memberikan penampakan lurik (disebut juga otot serat lintang).
- Bekerja secara sadar (dipengaruhi kehendak)
- Reaksi kerjanya cepat dan tidak teratur.
- Mudah lelah.
- Memiliki banyak inti yang terletak di bagian tengah sel.
- Terdapat melekat pada rangka tubuh, kaki, lengan, leher, dan dada.
- Bagian kedua ujungnya mengecil. Bagian ujung yang mengecil tersebut disebut tendon.



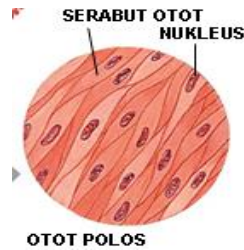
Gambar 2.3 Serabut Otot

Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

b. Otot polos

Otot polos disebut juga otot dalam karena merupakan otot yang menyusun organ dalam tubuh manusia yaitu :

- saluran pencernaan (usus dan lambung)
- pembuluh darah.
- saluran pernapasan.
- saluran kelamin.
- dinding rahim (uterus).



Gambar 2.4 Otot Polos

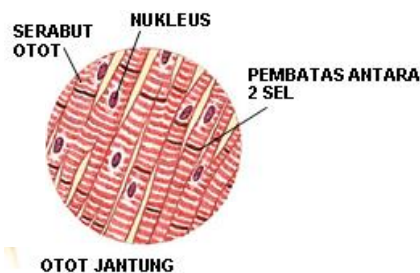
Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

Ciri-ciri otot polos

- Sel-selnya berbentuk gelendong yang kedua ujungnya meruncing
- Selnya hanya memiliki 1 inti yang terletak di tengah sel
- Bekerja secara tidak sadar (tanpa perintah otak) sehingga disebut otot tak sadar
- Reaksi kerjanya lambat dan teratur
- Tidak mudah lelah
- Terdapat pada bagian-bagian dalam tubuh, seperti pencernaan makanan, pembuluh darah, alat pernapasan, alat ekskresi, saluran kelamin, dan dinding rahim (uterus)

c. Otot jantung

Disebut otot jantung, karena hanya terdapat pada jantung. Otot jantung berfungsi menggerakkan jantung untuk memompa darah ke seluruh bagian tubuh. Kontraksi dan relaksasi otot jantung menyebabkan bilik jantung menyempit dan melebar secara berirama sehingga menimbulkan denyut jantung. Otot jantung terdapat pada jantung



Gambar 2.5 Otot Jantung

Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

Ciri-ciri otot jantung

- Sel otot jantung berbentuk silindris dan bercabang disebut sinsitium.
- Memiliki serat-serat seperti otot lurik, namun serat lurik otot jantung lebih sedikit dibandingkan otot lurik.
- Bekerja secara tidak sadar (tidak dipengaruhi kehendak, tetapi dipengaruhi oleh saraf otonom, yaitu simpatik dan parasimpatik)
- Reaksi kerjanya lambat dan teratur.

- Memiliki daya tahan kerja yang lama (tidak mudah lelah) dan bekerja seumur hidup manusia tanpa istirahat.
- Memiliki banyak inti dan masing-masing inti sel terdapat di tengah-tengah serabut otot.
- Otot jantung memiliki keistimewaan dibandingkan otot yang lain, karena memiliki struktur seperti otot lurik tetapi bekerja seperti otot polos.

Fungsi otot jantung adalah menggerakkan jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh.

Tabel 2.1 Perbedaan Otot Lurik, Otot Polos dan Otot Jantung

No	Ciri-ciri	Otot Polos	Otot Lurik	Otot Jantung
1	Letak	Din organ dalam, kelenjar dan pembuluh darah	Melekat pada tulang	Di dinding jantung
2	Inti sel	Satu, letak di tengah	Banyak, letak di tepi	Banyak, letak di tengah
3	Bentuk	Gelendong	Serabut tidak bercabang	Serabut bercabang
4	Kecepatan respon	Lama	Cepat	Lama
5	Kemampuan kontraksi	Lama	Sebentar	Sedang
6	Cara kerja	Involunter	Volunter	Involunter
7	Kerja saraf	Tidak disadari	Disadari	Tidak disadari
8	Terdapat	Lambung, uterus, pembuluh darah, rahim dan kantung urin	Melekat pada rangka	Dinding jantung

2. Mekanisme Kerja Otot

Otot bekerja dengan cara berkontraksi. Jika mendapat rangasangan maka otot akan berkontraksi. Kontraksi otot ditandai dengan otot jadi memendek, menegang, dan menggembung pada bagian tengahnya. Kontraksi otot menyebabkan tulang tertarik, sehingga terjadi gerakan. Bila otot tidak bekerja maka otot akan berelaksasi yaitu mengendur atau kembali ke ukuran semula. Untuk kembali ke keadaan semula setelah berkontraksi, maka perlu bantuan gerakan otot lain yang sifat kerjanya berlawanan yaitu otot antagonis dan otot sinergis.

a. Kontraksi otot

Kontraksi otot disebabkan karena pengaruh rangsangan melalui saraf. Zat pada sel otot yang peka terhadap rangsangan adalah *asetilkolin*. Proses otot menerima rangsangan hingga terjadi kontraksi adalah sebagai berikut:

- 1) Jika ada rangsangan, maka asetil kolin akan menerima rangsangan yang berasal dari ujung saraf tersebut.
- 2) Asetil kolin kemudian akan membebaskan ion kalsium yang berada pada sel otot.
- 3) Ion kalsium akan menyebabkan protein otot yang terdiri dari aktin dan myosin berikatan membentuk aktomiosin. Ikatan aktin dan myosin ini yang menyebabkan otot memendek yang disebut berkontraksi.

Untuk dapat berkontraksi, otot memerlukan energi yang berasal dari sel-sel otot. Kontraksi otot ini menyebabkan tulang menjadi tertarik, sehingga terjadi gerakan. Gerakan tubuh melibatkan otot, tulang, sendi, dan saraf.

b. Relaksasi Otot

Jika otot tidak lagi berkontraksi maka ion kalsium akan kembali ke dalam plasma sel, sehingga menyebabkan lepasnya pelekatan aktin dan myosin.

Lepasnya pelekatan aktin dan myosin menyebabkan otot kembali memanjang, mengendur, dan melemas. Kondisi tersebut disebut relaksasi.

c. Kelelahan Otot

Kontraksi otot secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya kelelahan. Kelelahan ini disebabkan karena saat bekerja otot menghasilkan asam laktat atau asam susu. Asam laktat akan dibawa darah untuk dibuang keluar tubuh. Akan tetapi jika asam laktat ini tertimbun dalam otot dalam jumlah yang banyak, maka akan menyebabkan timbulnya kelelahan dan pegal-pegal pada otot. Untuk menguraikan asam laktat diperlukan oksigen yang cukup banyak. Pengambilan oksigen yang banyak dalam waktu yang singkat ini menyebabkan napas jadi terengah-engah.

3. Sifat Kerja Otot

Berdasarkan hubungan kerjanya, otot dibedakan atas otot anagonis dan otot sinergis.

a. Otot Antagonis

Otot antagonis merupakan otot yang hubungan kerjanya saling berlawanan, misalnya kerja otot biseps dan triseps yang menggerakkan lengan. Kerja antagonis otot biseps dan triseps adalah sebagai berikut:

- Jika otot biseps berkontraksi, maka otot triseps akan relaksasi, sehingga lengan akan bergerak ke atas. Dengan demikian otot biseps merupakan otot fleksor (untuk membengkokkan)
- Jika otot biseps relaksasi, dan otot triseps berkontraksi, maka posisi lengan akan kembali ke keadaan semula (lurus). Dengan demikian otot triseps disebut otot ekstensor (untuk meluruskan)

Antagonis ialah kerja otot yang kontraksinya menimbulkan efek gerak berlawanan. Contohnya:

- 1) **Ekstensor** (meluruskan) dan **fleksor** (membengkokkan). Misalnya otot bisep dan otot trisep.
- 2) **Abduktor** (menjauhi badan) dan **adduktor** (mendekati badan). Misalnya gerak tangan sejajar dengan bahu dan sikapnya sempurna.
- 3) **Depresor** (ke bawah) dan **elavator** (ke atas). Misalnya gerak kepala dengan menundukkan dan menengadahkan.
- 4) **Supinator** (menengadahkan) dan **pronator** (menelungkup). Misalnya gerak telapak tangan menengadahkan dan gerak tangan menelungkup.

Beberapa tipe gerak tubuh yang ditimbulkan oleh otot, tulang, dan persendiannya:

- a) **Fleksi**, yaitu gerak menekuk, ditimbulkan oleh otot *fleksor* misalnya pada siku, lutut, ruas-ruas jari.
- b) **Ekstensi**, yaitu gerak meluruskan, ditimbulkan oleh otot *ekstensor* misalnya pada lengan.
- c) **Abduksi**, yaitu gerak tungkai menjauhi badan, ditimbulkan oleh otot abduktor, misalnya pada lengan dan kaki menjauhi badan.

- d) **Adduksi**, yaitu gerak tungkai mendekati badan, ditimbulkan oleh *otot adduktor*, misalnya pada lengan dan kaki menjauhi badan
- e) **Pronasi**, yaitu gerak memutar lengan sehingga telapak tangan menghadap ke bawah. Gerak ini ditimbulkan oleh *otot pronator*
- f) **Supinasi**, yaitu gerak memutar lengan sehingga telapak tangan menghadap ke atas. Gerak ini ditimbulkan oleh *otot supinator*
- g) **Inversi**, yaitu gerak memiringkan telapak kaki ke arah dalam
- h) **Eversi**, yaitu gerak memiringkan telapak kaki ke arah luar
- i) **Elevasi**, yaitu gerak mengangkat bagian tubuh, misalnya gerak membuka mulut atau mengengadahkan kepala.
- j) **Depresi**, yaitu gerak menurunkan bagian tubuh, misalnya gerak menutup mulut atau menurunkan kepala.



Gambar 2.6 Gerak Antagonis
Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

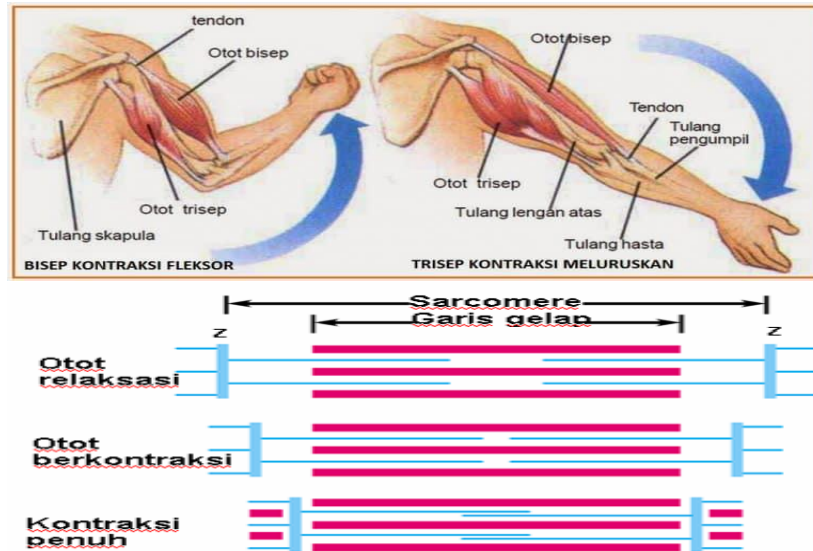
b. Otot Sinergis

Otot sinergis merupakan otot yang hubungan keranya saling berkerjasama secara bersamaan, misalnya otot pronator teres dan pronator quadratus yang terdapat pada lengan bawah yang berkerja bersamaan menggerakkan telapak tangan menengadahkan dan menelungkup.

4. Energi Untuk Kerja Otot

Saat otot mendapat rangsangan baik sengaja ataupun tidak otot kita akan mengalami kontraksi. Kontraksi otot ini ditandai dengan memendeknya otot, otot menjadi tegang dan menggembung di bagian tengah. Maka otot yang melekat pada tulang akan ikut berkontraksi, sehingga tulang tertarik dan bergerak. Pada artikel kali ini kita akan sama-sama belajar mengenai mekanisme kerja otot serta komponen yang berperan dan juga sumber energi otot.

Struktur otot yang berperan dalam kerja otot memiliki beberapa komponen. Salah satu komponen itu adalah miofibril, komponen ini berbentuk silindris yang memanjang sepanjang otot lurik dan mengandung filament aktin dan myosin. Selain itu juga ada Sarkomer, merupakan unit struktural dan fungsional terkecil dari kontraksi otot pada myofibril. Selanjutnya ada Aktin yang merupakan filamen kontraktile yang tipis serta memiliki sisi aktif dan situs pengikatan. Miosin juga merupakan komponen otot berupa protein filament yang lebih tebal dan memiliki penonjolan yang dikenal dengan kepala miosin. Terakhir ada troponin yang merupakan protein kompleks yang melekat pada tropomiosin.



Gambar 2.6 Kontraksi Otot
Sumber: <http://rebellisamici.blogspot.com>

5. Sumber Energi untuk Gerak Otot

Otot memerlukan energi untuk bergerak. Berikut ini merupakan sumber energi untuk gerak otot.

1) ATP (adenosine tri fosfat)

ATP ini nantinya akan terurai menjadi ADP (adenosine difosfat) dan energi. Selanjutnya, ADP tadi akan diurai kembali menjadi AMP (adenosine monofosfat) dan energi yang bisa kita rumuskan menjadi seperti berikut ini.



2) Keratin fosfat

Keratin fosfat ini nantinya akan diurai menjadi keratin, fosfat dan energi. Pemecahan ATP dan keratin fosfat berfungsi untuk menghasilkan energi pada saat kontraksi otot. Untuk melakukan proses tersebut tidak diperlukan oksigen.

3) Glikogen (gula otot)

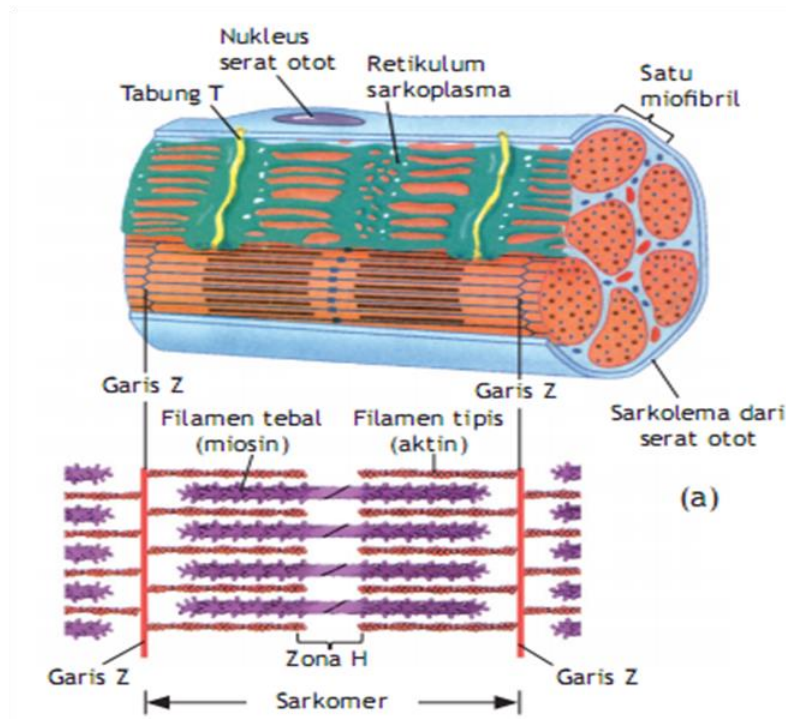
Untuk bergerak otot juga memerlukan gula dalam bentuk glikogen. Glikogen ini akan dilarutkan menjadi laktasidogen. Kemudian diubah kembali menjadi glukosa dan asam laktat. Molekul gula ini yang akan diubah menjadi CO_2 , H_2O dan energi. Proses ini akan terjadi saat otot relaksasi dan memerlukan oksigen, sehingga fase relaksasi ini disebut fase aerob. Apabila di dalam otot mengandung banyak asam laktat maka otot akan terasa lelah atau pegal. Asam laktat ini bisa dioksidasi dengan bantuan oksigen.

6. Tahapan Mekanisme Kerja Otot

Saat otot bekerja harus melalui tahapan-tahapan. Berikut ini merupakan tahapan dari mekanisme kerja otot.

- Tahap pertama yang terjadi adalah impuls syaraf tiba di *neuronmuscular junction* dan mengakibatkan pembebasan asetilkolin. Munculnya asetilkolin ini memicu depolarisasi yang kemudian menyebabkan pembebasan ion Ca^{2+} dan retikulum sarkoplasma.
- Tahap yang ke 2 yaitu terjadinya peningkatan jumlah Ca^{2+} sehingga menyebabkan ion ini terikat pada troponin dan mengakibatkan perubahan struktur pada troponin.

- c. Tahapan yang ke tiga yaitu perombakan ATP yang akan membebaskan energi yang akan menyebabkan myosin mampu menarik aktin ke dalam dan juga melakukan pemendekan otot. Hal ini terjadi di sepanjang myofibril pada sel otot.
- d. Selanjutnya myosin akan terlepas dari aktin dan jembatan aktomiosin akan terputus ketika molekul ATP terikat di kepala myosin. Setelah ATP terurai, kepala myosin dapat bertemu lagi dengan aktin di tropomiosin.
- e. Terakhir proses kontraksi otot ini dapat berlangsung selama tersedia nya ATP dan ion Ca^{2+} . Pada saat impuls terhenti, ion Ca^{2+} akan kembali ke retikulum sitoplasma.

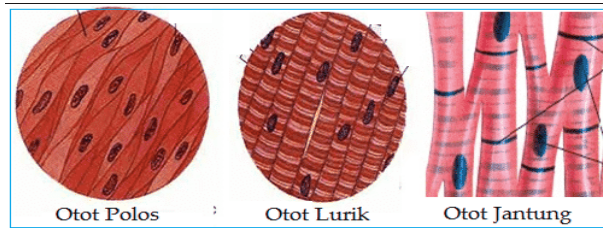


C. Rangkuman

1. Otot manusia meliputi tiga jenis yaitu otot rangka, otot polos dan otot jantung.
2. Sifat kerja otot dapat dibedakan atas otot anagonis dan otot sinergis. Otot antagonis merupakan otot yang hubungan kerjanya saling berlawanan sedangkan otot sinergis merupakan otot yang hubungan kerjanya saling berkerjasama secara bersamaan
3. Otot dapat melakukan kontraksi. Kontraksi otot terjadi mengikuti teori model geseran (luncuran filamen). Filamen otot ada dua jenis yaitu filamen halus (tipis) dan kasar (tebal).
4. Saat otot berkontraksi diperlukan energi yaitu dalam bentuk ATP. Energi ATP diperoleh dengan respirasi aerob dan anaerob. Penimbunan asam laktat dalam otot terjadi sebagai akibat dari usaha otot dalam pemenuhan energi kontraksi otot melalui proses aerob. Asam laktat dapat menimbulkan kelelahan.

D. Penugasan Mandiri

1. Amati gambar struktur otot tersebut dan jawablah pertanyaan di bawah ini:



- a. Jelaskan perbedaan struktur, fungsi, kecepatan kontraksi, dan letak pada ketiga otot tersebut?
 - b. Perbedaan dan persamaan apakah yang dapat kalian simpulkan dari ketiga gambar otot?
2. Kalian tahu bahwa pembentukan energi untuk aktivitas otot diperlukan oksigen. Mengapa sehabis berlari napas kita menjadi terengah-engah dan bagaimana cara mengurangi kelelahan atau pegal linu pada otot?

E. Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling benar

1. Pernyataan berikut yang merupakan persamaan antara sel otot jantung dan sel otot rangka adalah
 - A. Membentuk Percabangan
 - B. Berinti banyak
 - C. Kerjanya tidak volenter
 - D. Memiliki garis melintang
 - E. Berinti satu
2. Sehabis berolahraga napas suka tersengal-sengal, hal ini dikarenakan karena
 - A. Kalsium
 - B. Asam adipat
 - C. Asam laktat
 - D. Asam piruvat
 - E. Asetaldehid
3. Mekanisme yang terjadi dalam kontraksi otot
 - A. memanjangnya ukuran otot akibat gesekan molekul aktin dan miosin yang memerlukan energi dari pemecahan ATP.
 - B. memanjangnya ukuran otot akibat gesekan miofibril yang memerlukan energi dari metabolisme aerobik glukosa.
 - C. mengendurnya ukuran otot akibat gesekan miofibril yang memerlukan ion kalsium dan fosfat anorganik.
 - D. menggesernya filamen-filamen yang lebih tebal ke filamen yang lebih tipis dan diperlukan energi dari pemecahan asam piruvat.
 - E. memendeknya ukuran otot akibat zona Z menjadi lebih panjang dan zona H menjadi lebih pendek yang prosesnya memerlukan energi dari pemecahan ATP.

4. Kontraksi otot biceps dan otot trisepts pada waktu kita bermain tenis meja adalah
- A. abduksi dan adduksi
 - B. fleksi dan ekstensi
 - C. depresi dan elevasi
 - D. supinasi dan pronasi
 - E. rotasi dan ekstensi
5. Apabila seseorang membengkokkan tangannya (fleksi), maka mekanisme kerja yang terjadi adalah ...
- A. Sinergis, yaitu otot bisep berkontraksi, trisep relaksasi
 - B. Antagonis, yaitu otot trisep berkontraksi, bisep relaksasi
 - C. Sinergis, yaitu otot trisep berkontraksi, bisep relaksasi
 - D. Sinergis, yaitu otot bisep dan trisep berkontraksi
 - E. Antagonis, yaitu otot bisep berkontraksi, trisep relaksasi
6. Rasa lelah yang terjadi akibat kerja otot terus menerus disebabkan oleh....
- A. penimbunan asam laktat
 - B. tidak adanya asam laktat
 - C. penimbunan senyawa asetilkolin
 - D. perubahan senyawa asetilkolin
 - E. tidak adanya asam laktat yang menghambat kerja asetilkolin

Kunci Jawaban dan Pembahasan

Nomor Soal	Kunci Jawaban	Pembahasan
1	D	<p>Perbedaan otot jantung dan otot rangka adalah sebagai berikut</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Otot jantung : bercabang, hanya memiliki satu inti di tengah, dan bekerja secara tidak sadar (saraf otonom) ▪ Otot rangka : tidak bercabang, memiliki inti banyak di tepi, dan dikendalikan secara sadar
2	C	<p>Energi yang digunakan untuk kontraksi otot adalah ATP (adenosin trifosfat). ATP diproduksi dari oksidasi biologi zat makanan yaitu glukosa, asam lemak (hasil pembongkaran lemak), atau asam amino (hasil pembongkaran protein). Glikogen merupakan karbohidrat sebagai cadangan makanan di otot. Asam laktat merupakan hasil samping oksidasi glukosa jika otot kekurangan oksigen. Asam laktat inilah yang menyebabkan otot menjadi pegal setelah berkontraksi.</p>
3	E	<p>Tahapan dari mekanisme kerja otot.</p> <ol style="list-style-type: none"> Tahap pertama yang terjadi adalah impuls syaraf tiba di <i>neuronmuscular junction</i> dan mengakibatkan pembebasan asetilkolin. Tahap yang ke dua yaitu terjadinya peningkatan jumlah Ca^{2+} sehingga menyebabkan ion ini terikat pada troponin dan mengakibatkan perubahan struktur pada troponin. Tahapan yang ke tiga yaitu perombakan ATP yang akan membebaskan energi yang akan menyebabkan myosin mampu melakukan pemendekan otot. Selanjutnya myosin akan terlepas dari aktin dan jembatan aktomiosin akan terputus ketika molekul ATP terikat di kepala myosin. Pada saat impuls terhenti, ion Ca^{2+} akan kembali ke retikulum sitoplasma.
4	B	<p>Sifat kerja otot antagonis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abduksi : gerakan menjauhi sumbu tubuh (mis : mengangkat tangan ke atas) - Adduksi : gerakan mendekati sumbu tubuh (mis : mengangkat tangan ke samping) - Depresi : gerakan menurunkan (mis : mengucapkan huruf a) - Elevasi : gerakan menaikkan (mis : mengucapkan huruf i) - Supinasi : gerak menengadahkan tangan - Pronasi : gerak menelungkupkan tangan - Fleksi : gerak membengkokkan (mis : mengangkat tangan ke depan) - Ekstensi : gerak meluruskan (mis : menyimpan tangan di samping badan) - Rotasi : gerak memutar
5	E	<p>Saat seseorang membengkokkan tangannya, maka otot bisep berkontraksi, sedangkan trisep relaksasi. Jadi mekanisme</p>

		kerjanya terjadi secara antagonis (berlawanan) antara otot bisep dan trisep.
6	A	<p>Tahapan Respirasi An aerob</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontraksi otot memerlukan energi yang diperoleh dari pemecahan ATP menjadi ADP. ▪ Pada metabolisme anaerob, ATP diperoleh dari reaksi glikolisis. ▪ Glikolisis menghasilkan ATP dan asam piruvat. ▪ Asam piruvat selanjutnya akan diubah menjadi CO₂ dan sisa-sisa buangan lain seperti asam laktat. ▪ Aktivitas otot yang terus menerus menyebabkan asam laktat tertimbun dalam otot dan menimbulkan rasa lelah.

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar berikutnya. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Anda telah mampu menjelaskan macan-macam otot?		
2	Apakah Anda telah mampu menjelaskan sifat kerja otot?		
3	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi cara kerja otot?		
4	Apakah Anda telah mampu menguraikan mekanisme kerja otot?		
5	Apakah Anda telah mampu menjelaskan sumber energi untuk kerja otot?		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

KELAINAN PADA SISTEM GERAK MANUSIA

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul kegiatan pembelajaran 3 ini kalian diharapkan mampu:

1. Menjelaskan gangguan/kelainan sistem gerak pada manusia dalam kehidupan sehari-hari.
2. Menjelaskan teknologi yang berhubungan dengan gangguan pada sistem gerak manusia.

B. Uraian Materi

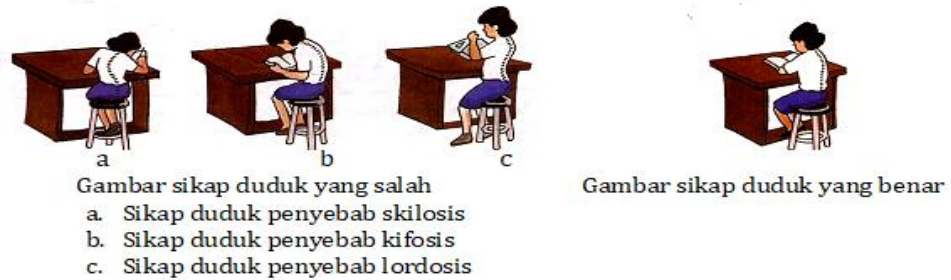
Dalam kehidupan sehari-hari, kerap kali kita melihat atau merasakan sendiri gangguan/kelainan pada sistem gerak. Gangguan/ kelainan ini terjadi tidak hanya saat kita melakukan gerakan tubuh yang salah, seperti cedera ketika berolahraga. Namun lebih dari itu, gangguan/kelainan bisa terjadi karena penyakit atau sebab yang lain. Gangguan atau kelainan itu bisa terjadi pada tulang atau rangka dan otot dan dapat dikategorikan dalam beberapa hal, antara lain gangguan mekanik, fisiologis, tulang belakang, persendian atau peradangan, dan infeksi sendi.

1. Kelainan dan Gangguan pada Sistem Gerak Manusia

a. Kelainan dan Gangguan pada Tulang

Beberapa kelainan dan gangguan pada tulang antara lain:

- 1) **Retak tulang** (fisura), merupakan retaknya tulang pipa, disebabkan karena kecelakaan
- 2) **Patah tulang** (fraktur), disebabkan karena kecelakaan. Patah tulang dibedakan atas:
 - Patah tulang terbuka, apabila patahnya tulang sampai menembus otot dan kulit
 - Patah tulang tertutup, apabila patahnya tulang tidak sampai menembus otot dan kulit.
- 3) **Polio**, merupakan penyakit dimana keadaan tulang menjadi lumpuh layuh karena infeksi virus polio
- 4) **Sipilis**, merupakan penyakit dimana keadaan tulang menjadi lumpuh layuh karena infeksi bakteri *Treponema pallidum*
- 5) **Layuh sendi**, merupakan keadaan tulang yang tidak berdaya karena kerusakan pada discus epifise.
- 6) **Kelainan pada tulang belakang**, merupakan kelainan dimana tulang belakang bengkok akibat kebiasaan sikap duduk yang salah. Kelainan atau bengkoknya tulang belakang dibedakan 3 macam, yaitu:
 - **Skoliosis**, merupakan tulang belakang yang bengkok ke kanan atau ke kiri.
 - **Kifosis**, merupakan tulang belakang yang bengkok ke belakang (bongkok)
 - **Lordosis**, merupakan tulang belakang yang bengkok ke depan.
 - **Subluksasi**, merupakan gangguan yang terjadi pada daerah vertebra leher sehingga posisi kepala mengalami perubahan menjadi ke arah kiri atau ke kanan.



Gambar 3.1 Kelainan Pada Tulang Belakang
Sumber: <https://teks.co.id/sifat-kerja-otot-pada-manusia>

- 7) **Osteoporosis**, yaitu keadaan tulang yang rapuh dan dapat patah
- 8) **Nekrosa**, yaitu matinya sel-sel tulang yang disebabkan oleh kerusakan periosteum yang bertugas membangun sel tulang.
- 9) **Osteomalasia**, yaitu terjadinya kelambatan proses osifikasi pada saat bayi. Jika telah dewasa biasanya akan menimbulkan pembentukan kaki yang bertipe O atau X.
- 10) **Rachitis**, merupakan penyakit tulang, di mana tulang kurang keras karena kekurangan vitamin D. Akibat rachitis adalah tulang kaki (tibia dan fibula) menjadi bengkok sehingga tampak membentuk huruf O atau X. Rachitis dapat pula menyebabkan penyakit dada mertapi, yaitu batang tulang belakang memendek.
- 11) **Mikrosefalus**, yaitu kepala kecil, karena pertumbuhan tulang tengkorak terhambat akibat kurangnya zat kapur saat pembentukan tulang tengkorak pada waktu bayi. Akibat lebih lanjut dapat berdampak pada gangguan mental
- 12) **TBC tulang**, akibat pengaruh penyakit TBC atau tumor ganas, sehingga tulang jadi rusak dan membusuk.

b. Kelainan dan Gangguan pada Sendi

Beberapa kelainan dan gangguan pada sendi antara lain:

- 1) **Rheumatic**
- 2) **Radang sendi**
 - a. arthritis eksudatif, yaitu radang yang terjadi pada cairan sinovial sehingga menimbulkan rasa ngilu pada saat digerakkan.
 - b. arthritis sika, yaitu berkurangnya minyak sinovial pada rongga sendi yang disebabkan oleh virus, misalnya HIV.
 - c. Osteoarthritis, merupakan arthritis yang disebabkan oleh penipisan kartilago sehingga gerak sendi jadi terganggu.
 - d. Goutarthritis, merupakan arthritis yang disebabkan karena kegagalan metabolisme asam urat sehingga terjadi penimbunan asam urat dalam sendi.
- 3) **Memar**, disebabkan karena adanya kerusakan pada selaput sendi yang menyebabkan sendi bergeser.
- 4) **Dislokasi**, merupakan keadaan dimana sendi bergeser dari kedudukan semula karena ligament atau jaringan penggantung rusak.
- 5) **Urai sendi**, merupakan terlepasnya ujung tulang dari selaput sendi.
- 6) **Keseleo** atau terkilir, terjadi akibat gerakan mendadak yang tak terbiasa dilakukan, yang dapat menyebabkan rasa sakit yang hebat dan disertai pembengkakan.
- 7) **Ankilosis**, merupakan gangguan persendian dimana tulang tidak dapat digerakkan lagi.

c. Kelainan dan Gangguan pada Otot

Beberapa kelainan dan gangguan pada otot antara lain:

- 1) Atrofi, merupakan suatu keadaan mengecilnya otot sehingga kehilangan kemampuan berkontraksi.
- 2) Hipertrofi otot merupakan kebalikan dari atrofi otot, yaitu otot menjadi besar dan lebih kuat. Hipertrofi otot dapat disebabkan oleh aktivitas otot yang berlebihan seperti bekerja dan berolahraga.
- 3) Tetanus, adalah otot yang terus menerus berkontraksi akibat serangan bakteri *Clostridium tetani*.
- 4) Kaku leher terjadi karena adanya peradangan pada otot leher akibat gerakan yang sala atau hentakan secara mendadak. Leher menjadi sakit dan kaku apabila digerakkan.
- 5) Miastemia gravis, adalah melemahnya otot secara berangsur-angsur sehingga menyebabkan kelumpuhan bahkan kematian.
- 6) Hernia abdominalis terjadi karena sobeknya dinding otot perut sehingga usus turun ke bawah dan masuk ke dalam rongga perut.
- 7) Kram (Kejang otot), terjadi karena kontraksi otot yang terus menerus atau bekerja terlalu berat sehingga otot mengejang dan terasa sakit. Kram juga dapat terjadi karena cuaca dingin atau gejala ketidak seimbangan air dan ion di dalam tubuh.

2. Teknologi yang Berhubungan dengan Gangguan pada Sistem Gerak Manusia

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, para ilmuwan telah berhasil mengembangkan teknologi guna mengatasi kelainan pada sistem gerak, terutama tulang. Teknologi itu di antaranya adalah :

a) Penyembuhan Patah tulang

- Pemasangan gips, yaitu bahan kapur yang diletakkan disekitar tulang yang patah. Pembidaian, yaitu dengan menempatkan benda keras disekeliling tulang yang patah.
- Pembedahan internal, yaitu pembedahan untuk menempatkan batang logam atau piringan pada tulang yang patah.
- Penarikan, yaitu menggunakan beban untuk menahan anggota gerak yang mengalami deformitas dan mempercepat penyembuhan.

b) Penyembuhan kanker/tumor tulang

- Kemoterapi, biasanya menggunakan obat-obatan yang sangat kuat untuk mencoba membunuh sel kanker.
- Radioterapi, yaitu pengobatan kanker dengan menggunakan sinar radioaktif seperti sinar X, electron, sinar Gamma atau partikel lain.
- Operasi bertujuan untuk menghilangkan tumor lokal pada tulang.

c) Pergantian sendi

Pergantian sendi dilakukan dengan cara pembedahan untuk mengganti sendi yang rusak dengan logam. Bonggol sendi diganti dengan logam campuran.

d) Transplantasi sumsum

Transplantasi sumsum yaitu sumsum merah dari seseorang ditransplantasikan kepada orang lain. Dalam hal ini, diperlukan teknik khusus untuk memindahkan sumsum dari donor yang sehat dan menyuntikkannya ke resipien tanpa merusaknya, karena sumsum sangat lunak.

e) Penanggulangan skoliosis kongenitalis

Skoliosis kongenitalis adalah suatu kelainan pada lengkung tulang belakang bayi yang baru lahir. Skoliosis ini dapat menyebabkan kelainan bentuk yang serius pada anak yang sedang tumbuh. Oleh karena itu, seringkali dilakukan tindakan pengobatan dengan memasang penyangga sedini mungkin. Jika keadaan anak semakin memburuk, perlu dilakukan pembedahan.

f) Implan

Implan adalah pemasangan suatu material dari benda rigid atau kaku pada tulang belakang yang mengalami gangguan.

g) Tangan bionik

Tangan bionik adalah tangan buatan yang fungsional sehingga dapat digunakan untuk memegang benda dan melakukan gerakan kombinasi tangan, misalnya mengetik.

h) Kaki bionik

Kaki bionik merupakan kaki buatan yang dilengkapi dengan perangkat *Bluetooth. Chip* komputer ditanamkan pada setiap kaki untuk mengirimkan sinyal ke motor di kedua sendi buatan sehingga lutut dan mata kaki dapat berpindah dan melakukan gerakan yang terkoordinasi, misalnya berdiri, berjalan dan mendaki. Kaki bionik ini menggunakan energi dari baterai.

i) Kursi Roda

Adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan. Alat ini dapat digerakkan dengan didorong oleh pihak lain, digerakkan dengan menggunakan tangan atau dengan menggunakan mesin otomatis.

j) Penanggulangan kaki O

Penanggulangan kaki O dilakukan dengan pemakaian sepatu khusus yang harus selalu dipakai.

k) Viskosuplementasi

Viskosuplementasi adalah menyuntikkan asam hialuronat ke celah-celah sendi untuk memperbaiki gizi dan pelumasan.

l) Pencangkokan tulang rawan

Teknik ini adalah menanam tulang rawan pasien dan memindahkan jaringan tersebut ke area yang rusak.

m) Vertebroplasti

Vertebroplasti adalah teknik perbaikan patah tulang pada bagian tulang belakang dengan cara memasukkan semen tulang melalui jarum suntik khusus. Pemberian semen tulang dimaksudkan untuk menyangga dan memberi kekuatan pada tulang dari dalam. Dalam hal ini semen akan mengeras setelah 15 menit kemudian dan keesokan harinya pasien sudah dapat berjalan.

n) Veselplasti

Veselplasti adalah teknik bedah endolaparoskopik terbaru. Teknik ini merupakan hasil perkembangan dari teknik Vertebroplasti. Disebut veselplasti karena teknik ini menggunakan balon sebagai pengganti pembuluh darah buatan. Kemudian balon tersebut diisi dengan bahan tulang yang memiliki sistem hidrolik sehingga pasien dapat tegak seperti sedia kala.

o) Sekrup Berbahan Tulang

Pada teknik ini, sekrup tulang berfungsi menghubungkan bagian-bagian tulang yang akhirnya tumbuh menjadi tulang. Teknik ini diharapkan dapat mengurangi biaya pengobatan dan beban fisik si pasien. Perlu diketahui, harga sekrup metal yang digunakan dalam perawatan patah tulang dapat mencapai 100.000 yen persatuannya.

C. Rangkuman

1. Gangguan pada otot dan tulang dapat mengganggu pergerakan dari manusia. Gangguan dan penyakit pada otot disebabkan oleh beberapa faktor, seperti infeksi virus, infeksi bakteri, maupun aktivitas.
2. Kemajuan ilmu pengetahuan, para ilmuwan telah berhasil mengembangkan teknologi guna mengatasi kelainan pada sistem gerak.
3. Teknologi biopsi merupakan teknologi yang diyakini cocok untuk mengatasi kelainan lemahnya otot. Sedang teknologi EMG cocok untuk menentukan kelainan otot atau gangguan hantaran listrik pada membran otot.

D. Penugasan Mandiri

Perhatikan gambar berikut



Berdasarkan gambar tersebut, kalian deskripsikan gangguan pada sendi, jelaskan factor penyebabnya dan bagaimana cara penyembuhannya?

E. Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling benar

1. Pak Dani mengeluh sakit dan sedikit bengkak pada sendi jari-jari kaki dan tangan. Keluhan tersebut mungkin disebabkan oleh
 - A. penumpukan asam urat pada sendi sebagai sisa metabolisme
 - B. penumpukan asam laktat pada sendi sebagai sisa metabolisme
 - C. ligamen pada persendian tertarik
 - D. pengapuran tulang jari kaki dan tangan
 - E. kekurangan zat kapur dan fosfor
2. Membran yang membatasi sendi seorang pasien memerah dan kartilagonya rusak. Keadaan ini akan membentuk jaringan luka yang mengeras menjadi tulang sehingga menyebabkan sendi tidak dapat bergerak dan sakit luar biasa. Berdasarkan data, dokter menyatakan pasien tersebut mengalami
 - A. ankilosis
 - B. osteoarthritis
 - C. rheumatoid arthritis
 - D. dislokasi
 - E. poliomyelitis

3. Perhatikan ciri-ciri gangguan pada sistem gerak berikut

- Terasa nyeri pada jaringan pengikat
- Sendi menjadi bengkak
- Tulang rawan mengalami degenerasi

Jenis gangguan pada sistem gerak berdasarkan ciri-ciri tersebut adalah....

- A. Rakhitis
- B. Ankilosis
- C. Layuh Semu
- D. Osteoporosis
- E. Rheumatoid Arthritis

4. Kebiasaan duduk miring ke kiri atau ke kanan pada anak yang masih dalam masa pertumbuhan dapat menyebabkan

- A. Lordosis
- B. Skoliosis
- C. Kifosis
- D. Nekrosis
- E. Amfiartrosis

5. Orang yang terkena stroke cenderung akan mengalami pengecilan otot yang disebut dengan istilah...yang disebabkan karena...

- A. Hipertrofi, otot jarang digerakkan
- B. Atrofi, otak tak mampu mengatur otot
- C. Atrofi, otot jarang digunakan
- D. Hipertrofi, kekurangan nutrisi otot
- E. Hipertrofi, otot aktif berkontraksi

Kunci Jawaban dan Pembahasan

Nomor Soal	Kunci Jawaban	Pembahasan
1	A	Ada banyak faktor yang menyebabkan jari kaki tangan bengkak, di antaranya: asam urat , rasa nyeri dan pembengkakan terjadi karena penumpukan serta pembentukan kristal asam urat pada sendi. infeksi , pembengkakan terjadi karena infeksi bakteri <i>Staphylococcus</i> dan <i>Streptococcus</i> , infeksi bisa terjadi sengatan serangga atau luka potong.
2	B	Gangguan sistem gerak di antaranya adalah sebagai berikut: Ankilosis , persendian tidak dapat digerakkan lagi karena tulangnya menyatu. Osteoarthritis , persendian tidak dapat digerakkan karena rusaknya tulang rawan (kartilago) Rheumatoid arthritis , persendian sulit digerakkan karena mengalami peradangan. Dislokasi , pergeseran sendi dari kedudukan semula Poliomyelitis , kelumpuhan otot (terutama kaki) yang disebabkan oleh virus polio.
3	E	Gangguan dengan ciri-ciri tersebut terdapat pada penderita rheumatoid arthritis. Rakhitis adalah penyakit pada tulang akibat kekurangan vitamin D. Layuh semu adalah suatu keadaan tidak bertenaga pada persendian akibat rusaknya cakra epifisis tulang anggota gerak. Osteoporosis adalah keadaan tulang yang rapuh karena tingkat kepadatan tulang menurun. Ankilosis adalah gangguan pada sendi yang mengakibatkan sendi tidak dapat digerakkan.
4	B	Kebiasaan duduk yang salah pada anak yang masih dalam masa pertumbuhan dapat menyebabkan kelainan pada tulang belakang, yaitu lordosis terjadi karena posisi duduk selalu dengan posisi dada ke depan, kifosis terjadi karena posisi duduk selalu membungkuk, dan skoliosis terjadi karena posisi duduk miring ke samping. Nekrosis merupakan matinya sel-sel tulang.
5	C	Stroke menyebabkan seseorang tidak mampu menggerakkan beberapa bagian tubuhnya. Otot tubuh yang tidak pernah digerakkan akan mengalami atrofi atau pengecilan

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar Materi selanjutnya. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi gangguan tulang ?		
2	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi kelainan atau gangguan pada persendian?		
3	Apakah Anda telah mampu mengidentifikasi kelainan atau gangguan pada otot?		
4	Apakah Anda telah mampu menjelaskan penggunaan teknologi untuk mengatasi masalah gangguan tulang?		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

EVALUASI

Pilih satu jawaban yang paling benar

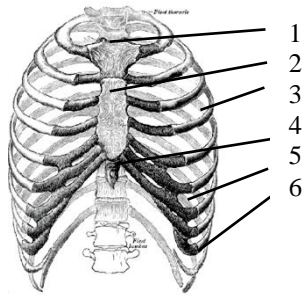
1. Berkaitan fungsi tulang untuk melindungi organ tubuh yang lemah, tulang di bawah ini yang berfungsi sebagai pelindung adalah....
 - A. Tulang daun telinga
 - B. Tulang scapula
 - C. Tulang tarsal
 - D. Tulang patella
 - E. Tulang cranium

2. Perhatikan nama tulang berikut.
 - 1) Tulang ubun-ubun
 - 2) Tulang usus
 - 3) Tulang dada
 - 4) Tulang pengumpil
 - 5) Tulang hasta
 - 6) Tulang keringTulang pipih ditunjukkan oleh nomor....
 - A. 1, 2, dan 3
 - B. 1, 3, dan 4
 - C. 2, 5, dan 6
 - D. 3, 4, dan 5
 - E. 4, 5, dan 6

3. Saat perkembangan embrio, rangka tubuh masih berupa tulang rawan. Selanjutnya rongga dalam tulang rawan tersebut akan terisi oleh sel-sel pembentuk tulang yang disebut
 - A. osteosit
 - B. kondrosit
 - C. osteoblas
 - D. kondroblas
 - E. kondrin

4. Perhatikan jenis-jenis tulang berikut.
 - 1) tulang pipa
 - 2) tulang rawan
 - 3) tulang pipih
 - 4) tulang pendek
 - 5) tulang sponsKelompok tulang berdasarkan bentuknya ditunjukkan oleh nomor
 - A. 1), 2), dan 3)
 - B. 1), 3), dan 4)
 - C. 2), 3), dan 4)
 - D. 2), 3), dan 5)
 - E. 3), 4), dan 5)

5. Perhatikan gambar tulang rusuk berikut!



Bagian yang menunjukkan tulang taju pedang dan tulang rusuk palsu adalah ..

- A. 1 dan 3
- B. 2 dan 4
- C. 3 dan 4
- D. 3 dan 6
- E. 4 dan 6
- F.

6. Perhatikan gambar persendian berikut ini.



Persendian seperti pada gambar merupakan sendi....

- A. Engsel
- B. Putar
- C. peluru
- D. Pelana
- E. Bebas

7. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses penulangan

1. osteosit terbentuk dari osteoblast
2. penulangan bagian epifis dan diafis
3. penulangan bagian cakra epifis
4. osteoblast merombak sel-sel tulang
5. pembentukan sel-sel tulang

Urutan yang benar tentan proses ofifikasi adalah

- A. 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- B. 1 - 3 - 2 - 5 - 4
- C. 1 - 4 - 3 - 2 - 5
- D. 1 - 5 - 2 - 2 - 4
- E. 1 - 2 - 3 - 5 - 4

8. Salah satu perbedaan otot polos dengan otot lurik adalah

- A. otot polos bentuk serabut memanjang, otot lurik berbentuk gelendong.
- B. otot polos berinti banyak, otot lurik berinti satu.
- C. otot polos bekerja di bawah kesadaran, otot lurik bekerja di luar kesadaran.
- D. Otot polos kontraksinya cepat, otot lutik kontraksinya lambat.
- E. otot polos reaksinya terhadap rangsang lambat, otot lurik reaksinya terhadap rangsang cepat.

9. Hubungan berbagai hubungan antar tulang beriku ini
1. antara tulang atlas dan kedua dari ruas tulang belakang
 2. antara tulang penyusun tengkorak
 3. antara tulang radius dan humerus
 4. antara tulang ruas tulang belakang
 5. antara humerus dan scapula

Yang merupakan contoh diartrosis adalah

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. 3 dan 5
- E. 3 dan 4

10. Perhatikan ciri-ciri gangguan sistem gerak berikut ini

- 1) Rasa nyeri pada jaringan ikat
- 2) Terjadi pembengkakan sendi
- 3) Kejang pada otot-otot yang bergerak
- 4) Tulang rawan mengalami degenerasi

Berdasarkan ciri-ciri di atas, jenis gangguan yang terjadi disebut....

- A. Reumathoid
- B. "gout" arthritis
- C. Rakitis
- D. layuh semu
- E. osteoarthritis

Kunci Jawaban

1	E
2	A
3	C
4	B
5	E
6	D
7	C
8	E
9	D
10	F

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, Neil A, & Reece, Jane B. 2008. *Biologi Ed. 9*. Jakarta: Erlangga
- Faidah Rahmawati, Nurul Urifah, Ari Wijayati. 2009. "Biologi untuk SMA/MA Kelas XI Program MIPA. Jakarta .CV.Ricardo
- <http://rebellisamici.blogspot.com/2011/10/mekanisme-gerak-otot.html>
- <https://www.biologi.co.id/sistem-gerak-pada-manusia-rangka-persendian-otot-tulang-dan-fungsinya-terlengkap/>
- <https://www.sumberpengertian.id/sistem-gerak-pada-manusia>
- <https://www.wattpad.com/325058660-anatomi-fisiologi-2-muskuloskeletal/page/7>
- <https://www.gurupendidikan.co.id/sistem-gerak-manusia-pengertian-komponen-dan-fungsinya-secara-lengkap/>
- Irawan, Bobby Albertus. 2013. *Seminar Riset Unggulan Nasional Informatika. Sistem Rangka Manusia*. Vol 2 No 1: 1-13
- Renni Diastuti. 2009. *'BIOLOGI untuk SMA/MA Kelas XI'* Jakarta. CV. Sindunata
- Sarifin.2013. *Kontraksi Otot Dan Kelelahan*. Jurnal ilmiah.11(2013)12-13.
- Sri Pujiyanto, Rejeki Siti Fatimah. 2016. *"Buku Guru Menjelajah Dunia Biologi untuk XI SMS dan MA*. Solo, Tiga Serangkai.
- Tortora, Gerard J and Bryan Derrickson. 2012. *Principles of Anatomy and Physiology*. USA : John Wiley and Sons Inc