

## Pembelajaran 3: Sistem Gerak pada Manusia

---

Sumber: Modul PKB (Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan) Biologi SMA

Kelompok Kompetensi A, Bab Sistem Gerak

Penulis: Arief Husein Maulani, M. Si

### A. Kompetensi

Setelah mempelajari materi Sistem Gerak pada Manusia, kompetensi yang diharapkan dikuasai peserta adalah:

1. Memahami struktur dan fungsi sistem gerak pada manusia dengan benar
2. Memahami struktur dan fungsi sistem gerak dengan mekanisme gerak pada manusia dengan benar
3. Memahami kelainan yang terjadi pada sistem gerak dengan tepat.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

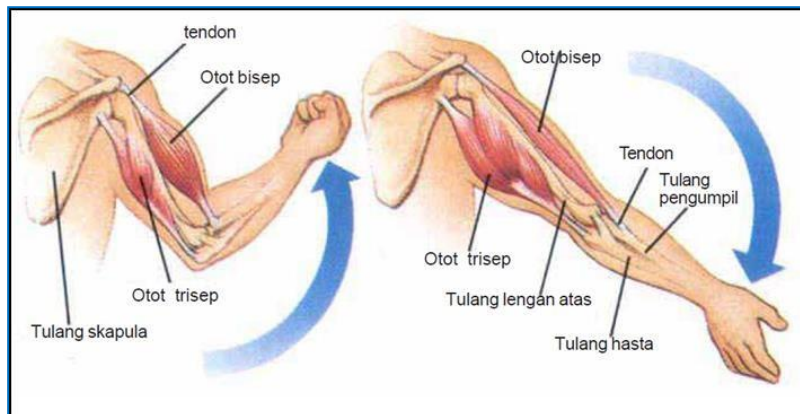
Setelah melaksanakan pembelajaran, guru pembelajar dapat menunjukkan beberapa indikator tentang Sistem Gerak pada Manusia berikut ini.

1. Menjelaskan fungsi rangka sebagai penyusun sistem gerak pada manusia
2. Menjelaskan fungsi otot sebagai penyusun sistem gerak pada manusia
3. Mendeskripsikan struktur tulang pada manusia
4. Mendeskripsikan perkembangan dan pertumbuhan tulang
5. Mendeskripsikan struktur otot pada manusia
6. Menjelaskan mekanisme kontraksi otot pada manusia
7. Mendeskripsikan hubungan antar tulang yang membentuk berbagai persendian
8. Mengidentifikasi berbagai gangguan atau penyakit pada sistem gerak manusia.

### C. Uraian Materi

Manusia mempunyai kemampuan bergerak dan berpindah tempat. Gerak terjadi oleh adanya kerja sama antara rangka dan otot. Rangka manusia disusun oleh lebih dari 200 buah tulang. Beberapa tulang saling menyatu, dan tulang-tulang yang lainnya terhubung dengan sendi oleh ligamen yang memungkinkan

terjadinya pergerakan. Otot menempel pada tulang dan menghubungkan tulang yang satu dengan tulang lainnya. Otot mempunyai kemampuan berkontraksi yang dapat menggerakkan tulang dengan mekanisme tertentu sehingga otot disebut alat gerak aktif, sedang tulang disebut alat gerak pasif (Gambar 30).



Gambar 36. Kerjasama antara Rangka dan Otot Menghasilkan Gerakan  
(Sumber: <http://kelipet.com/2015/09/pengertian-dan-jenis-otot/>, diunduh tanggal 6/1/2016)

## 1. Sistem Rangka pada Manusia

Manusia memiliki rangka dalam yang disusun oleh tulang keras (disebut juga tulang rangka atau tulang) dan tulang rawan. Rangka manusia dibentuk dari tulang tunggal atau gabungan tulang (seperti tengkorak) yang ditunjang oleh struktur lain, seperti ligamen (jaringan ikat yang menghubungkan antara tulang yang satu dengan tulang lainnya), tendon (jaringan ikat yang menghubungkan otot dengan tulang), dan otot.

### a. Fungsi dan Kegunaan Sistem Rangka

Sistem rangka memiliki lima fungsi utama yaitu:

#### 1) Penopang/Penegak Tubuh

Sistem rangka menyediakan struktur yang mampu menopang seluruh tubuh. Tulang-tulang penyusun rangka secara sendiri atau dalam kelompok menyediakan tempat sangkutan bagi berbagai jaringan lunak dan organ.

#### 2) Tempat Penyimpanan Kalsium dan Lemak

Di dalam tulang terdapat berbagai mineral seperti kalsium, kalium, dan natrium. Kalsium (zat kapur) merupakan mineral utama pembentuk tulang. Apabila tubuh

kekurangan kalsium, tubuh akan mengambilnya dari tulang dan jika terjadi terus menerus, tulang dapat menjadi tipis, rapuh, dan mudah patah. Selain sebagai cadangan mineral, tulang rangka menyimpan cadangan energi dalam bentuk lemak yang disimpan pada sumsum tulang kuning.

### 3) Penghasil Sel-Sel Darah

Sel darah merah, sel darah putih, dan komponen darah lainnya dihasilkan pada sumsum tulang merah yang mengisi ruangan dalam kebanyakan tulang, terutama pada tulang pendek, tulang pipih, tulang tak beraturan, jaringan kanselus (tulang berbentuk spons) pada ujung tulang pipa, tulang rusuk, dan tulang dada.

### 4) Pelindung Alat-Alat Tubuh Penting

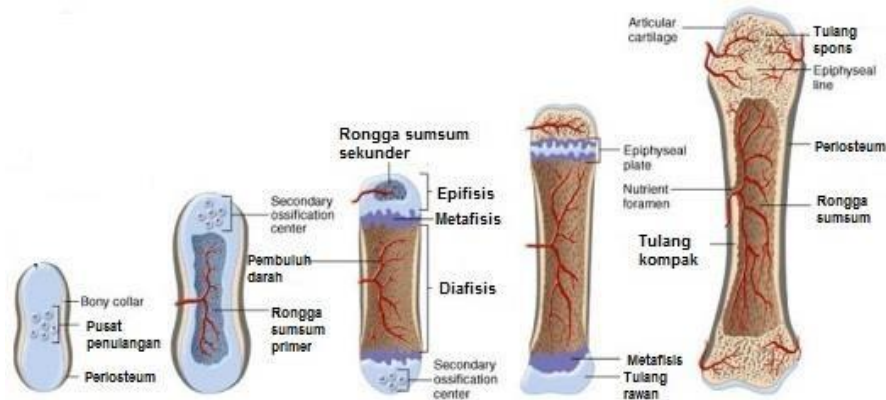
Jaringan dan organ lunak dikelilingi dan dilindungi rangka. Sebagai contoh, tulang rusuk melindungi jantung dan paru-paru; tengkorak melindungi otak; ruas-ruas tulang belakang melindungi sumsum tulang belakang; gelang panggul melindungi sistem reproduksi dan sistem pencernaan.

### 5) Alat Pergerakan

Tulang-tulang bertindak sebagai pengungkit apabila otot-otot yang melekat pada tulang itu berkontraksi menghasilkan gerakan yang bertumpu pada sendi.

#### b. Perkembangan dan Pertumbuhan Tulang

Tulang pada bayi sebagian besar disusun oleh tulang rawan. Tulang rawan, sebagian besar terdiri atas kolagen, bersifat pejal dan lentur. Dengan tumbuhnya bayi, sel-sel tulang rawan digantikan dengan tulang keras yang memiliki struktur lingkaran konsentris dari kalsium dan fosfat di antara sel-sel tulang. Proses perubahan dari tulang rawan ke sel tulang keras dinamakan penulangan (osifikasi). Proses penulangan berlanjut hingga remaja dan dewasa. Epifisis adalah area bagi pertumbuhan secara memanjang bagi tulang-tulang panjang sewaktu kanak-kanak. Pada masa pertumbuhan ini sel-sel pada epifisis membelah dan memanjangkan tulang. Ketika kita tumbuh, tulang bertambah keras dan bertambah berat, tetapi kelenturannya berkurang. Hal itu berarti tulang bertambah kuat tetapi mudah patah.



Gambar 37. Pembentukan Tulang  
(Sumber : <http://www.slideshare.net/satyakiverma/stages-of-bone-formation>)

Gambar 37. di atas menunjukkan pembentukan tulang dari tulang rawan. Sewaktu embrio, semua tulang pipa pada mulanya berupa batang tulang rawan yang diselubungi oleh suatu membran (perikondrium). Sebuah pusat penulangan pertama disebut diafisis tampak di tengah jaringan yang kemudian menjadi tulang pipa. Kalsium ditimbun dalam matriks dan sel-sel tulang berkembang. Perikondrium menjadi periosteum, selanjutnya tulang tumbuh baik secara melingkar maupun memanjang. Selanjutnya tulang yang sedang tumbuh terdiri atas batang (diafisis) dan ujung (epifisis).

### c. Struktur Tulang

Tulang (osteon), terdiri atas sel-sel tulang yang banyak mengandung senyawa kapur dan fosfat. Senyawa kapur dan fosfat yang terkandung dalam tulang mengakibatkan tulang menjadi keras.

Macam-Macam Tulang Berdasarkan Bentuk Tulang:

#### 1. Tulang panjang atau tulang pipa.

Kelompok tulang ini secara umum lebih panjang, lebar, berbentuk silinder dan berfungsi sebagai pengungkit. Tulang panjang terletak pada lengan atas, lengan bawah, paha, betis, telapak kaki, jari, dan ibu jari. Tulang paha merupakan tulang panjang terbesar dan terberat pada tubuh.

#### 2. Tulang pendek

Tulang pendek bentuknya mirip kubus, contohnya adalah tulang-tulang pada pergelangan tangan dan tulang-tulang pada pergelangan kaki, berperan memindahkan daya. Tulang bentuk ini sebagian besar disusun oleh jaringan tulang jarang (berbentuk spons).

### 3. Tulang pipih

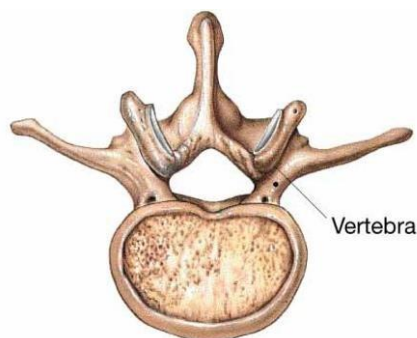
Tulang pipih bentuknya tipis dan lengkung terdiri atas dua lapisan tulang kompak (tulang keras), di tengahnya terdapat lapisan tulang seperti spons (Gambar 38). Tulang pipih antara lain membentuk atap pada tulang kepala, juga ditemukan pada tulang dada, tulang rusuk, dan tulang belikat. Tulang ini menyediakan perlindungan bagi penempatan jaringan lunak dan menyediakan permukaan bagi perlekatan otot-otot rangka.



Gambar 38. Struktur tulang pipih  
(Sumber: <http://www.ikonet.com/en/visualdictionary/human-being/anatomy/skeleton/types-of-bones.php>)

### 4. Tulang yang tidak beraturan

Tulang jenis ini adalah tulang yang tidak dapat digolongkan dalam salah satu dari ketiga bentuk tadi. Bentuk dari kelompok tulang ini tidak beraturan (Gambar 33). Tulang tersebut berfungsi sebagai tempat pelekatan otot atau persendian. Tulang tidak beraturan ditemukan pada ruas-ruas tulang belakang, tulang pada panggul, dan beberapa tulang tengkorak.



Gambar 39. Tulang tidak beraturan  
(Sumber: <https://www.studyblue.com/notes/n/kine-3600-test-1/deck/15216137>)

## 5. Tulang sesamoid

Umumnya berukuran kecil, pipih, dan bentuknya mirip biji wijen (lihat Gambar 34). Tulang ini berkembang di dalam tendon dan otot-otot, umumnya berada dekat sendi misal pada lutut, tangan dan tungkai.



Gambar 40. Tulang sesamoid

(Sumber: <http://m.dev.tempo.co/read/news/2010/12/23/060301024/Mengatasi-Sesamoiditis>, diunduh tanggal 3/9/2015)

## 6. Tulang sutura

Tulang sutura berukuran kecil, pipih, dan bentuknya tidak beraturan. Tulang sutura terletak di antara tulang pipih pada tengkorak, dengan jumlah, bentuk, dan posisi bervariasi pada tiap individu.

### d. Macam- Macam Tulang Berdasarkan Bahan Penyusun Tulang

#### 1) Tulang atau Osteon

Tulang terdiri atas hampir 50% air. Bagian padat tulang, terdiri atas berbagai bahan mineral (sekitar 33,5%) terutama garam kalsium dan bahan seluler (sekitar 16,5%). Struktur tulang yang dapat dilihat dengan mata telanjang adalah struktur kasar.

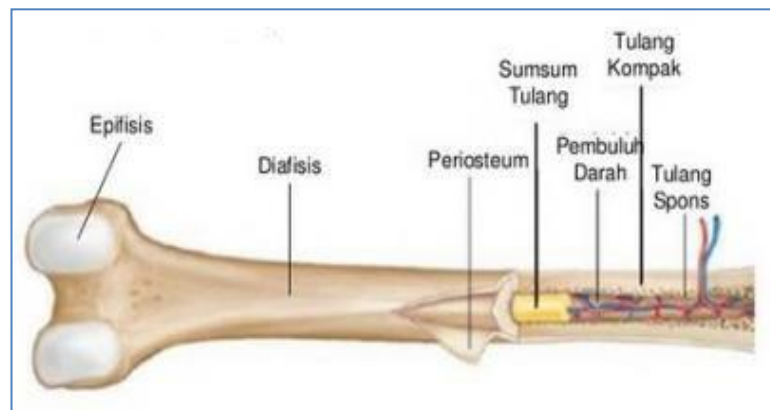
#### a) Struktur Kasar

Setiap tulang rangka berisi dua bentuk jaringan tulang yaitu (1) tulang kompak (padat) dan (2) tulang berbentuk spon. Tulang kompak selalu berada pada permukaan tulang membentuk lapisan pelindung yang kuat. Tulang spon terletak di bagian dalam tulang.



Gambar 41. Tulang kompak dan tulang spon  
(Sumber : <http://budisma.net/2015/01/struktur-dan-fungsi-jaringan-tulang.html>, diunduh tanggal 3/9/2015)

Gambar 42 di bawah ini memperlihatkan anatomi tulang paha, tulang yang mewakili tulang panjang. Tulang panjang memiliki batang yang berbentuk tubular (pipa) disebut diafisis. Pada setiap ujung tulang terdapat suatu area perpanjangan dikenal sebagai epifisis. Diafisis dihubungkan dengan setiap epifisis melalui suatu area dikenal sebagai metafisis.



Gambar 42. Struktur Tulang Panjang  
(Sumber: <http://fungsi.web.id/2015/05/fungsi-tulang-pada-manusia-secara-umum.html>, diunduh tanggal 6/1/2016)

Dinding diafisis terdiri atas lapisan tulang kompak yang mengelilingi ruang pusat disebut rongga sumsum. Epifisis sebagian besar berupa tulang berbentuk spon dengan pembungkus yang tipis disebut korteks (tulang kompak). Sel-sel pada tulang spon membentuk banyak rongga. Susunan rongga seperti itu menyediakan kekuatan untuk mendukung beban yang berat. Tulang spon bertindak sebagai bantalan yang mampu menyerap kejutan atau benturan.

Rongga sumsum pada diafisis dan ruang di antara epifisis dan lempengan epifisis mengandung sumsum tulang, dan berkurang kandungan jaringan ikatnya. Dikenal ada dua macam sumsum tulang yaitu sumsum tulang kuning dan sumsum tulang merah. Sumsum tulang kuning didominasi oleh sel-sel lemak. Sumsum tulang merah sebagian besar terdiri dari sel darah merah, sel darah putih, dan sel-sel induk yang menghasilkan kedua jenis sel darah tersebut. Sumsum tulang kuning merupakan cadangan energi yang penting, juga dapat membuat sel-sel darah dalam keadaan darurat, misalnya setelah orang mengalami perdarahan.

### b) Struktur Halus

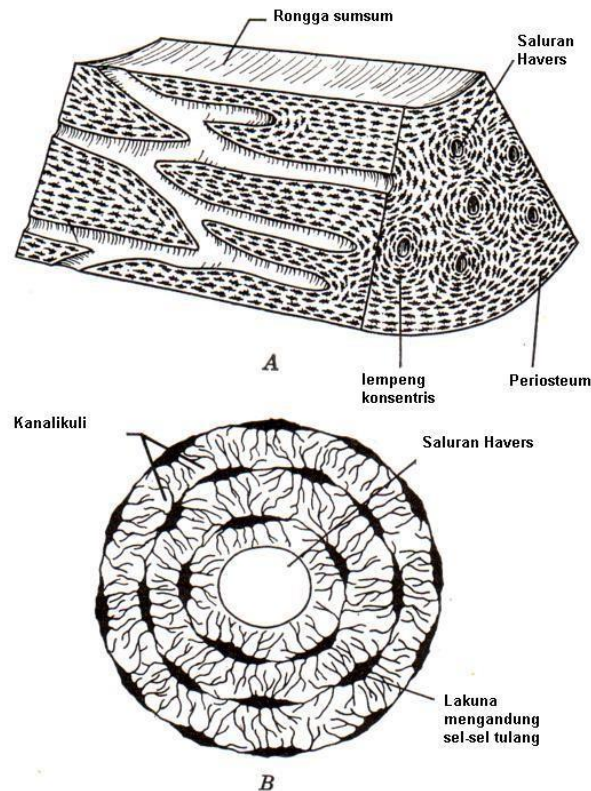
Periosteum adalah membran yang melapisi dan melekat erat pada bagian luar tulang, kecuali di antara persendian karena di bagian ini dilapisi oleh tulang rawan. Di dalam periosteum banyak terdapat pembuluh darah. Pembuluh darah yang berasal dari periosteum bercabang-cabang ke dalam tulang. Periosteum penting untuk menebalkan tulang dan menyembuhkan patah tulang (fraktur).

Pada irisan melintang tulang kompak, dapat dilihat adanya suatu bentuk yang terdiri atas lingkaran-lingkaran atau lempengan konsentris (lihat Gambar 43). Di dalam pusat setiap lingkaran terdapat suatu saluran yang disebut saluran Havers. Lempengan tulang atau lamela disusun konsentris sekitar saluran havers. Di antara lempeng itu terdapat ruang-ruang kecil disebut lakuna. Lakuna mengandung sel-sel tulang yang saling bersambungan satu dengan yang lain, juga disambungkan dengan saluran Havers di bagian tengah oleh saluran kecil yang disebut kanalikuli. Satu sistem Havers yang lengkap adalah sebagai berikut.

- (1) Saluran Havers, berada di pusat berisi urat saraf, pembuluh darah, dan pembuluh limfe.
- (2) Lamela (lempeng tulang) yang tersusun memusat.
- (3) Lakuna yang mengandung sel tulang.



- (4) Kanalikuli yang memancar di antara lakuna dan menggandengkannya dengan saluran Havers.



Gambar 43. Struktur Mikroskopik Tulang Kompak  
A. Bagian tulang panjang dalam irisan melintang dan membujur  
B. Tiga lamela yang konsentris mengelilingi saluran Havers  
(Sumber: Setiawan, 2007)

## 2) Matriks dan Sel Tulang

Tulang terdiri atas sel-sel dan matriks. Matriks adalah komponen non hidup pada jaringan ikat, yang dibangun atas suatu anyaman serat yang terbenam dalam suatu bahan dasar homogen. Bahan dasar homogen ini biasanya berbentuk cairan, ada pula yang berbentuk jeli, ataupun berupa padatan. Jenis-jenis matriks adalah:

- mineral, misalnya kalsium, fosfat, dan karbonat;
- semen, tersusun dari molekul karbohidrat;
- kolagen, bentuknya seperti serat.

Ada tiga jenis sel tulang, yaitu:

- a) osteoblas, sel yang membangun tulang;
- b) osteosit, sel tulang yang matang; dan
- c) osteoklas, yaitu sel yang menghancurkan tulang.

Dengan aksi dari sel-sel tersebut, tulang dalam keadaan hidup dibentuk dan dihancurkan secara terus menerus.

### 3) Tulang Rawan atau Kartilago

Tulang rawan terbuat dari bahan yang padat, bening, dan putih kebiru-biruan, bersifat sangat kuat. Tulang tersebut ditemukan terutama pada sendi dan di antara dua tulang. Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah, tetapi diselubungi membran, yaitu perikondrion, tempat tulang rawan mendapatkan darah.

Tiga jenis utama tulang rawan :

#### a) Tulang rawan hialin

Terdiri atas serabut kolagen (serat berbahan protein sejenis gelatin) yang terbenam dalam bahan dasar yang bening dan ulet. Dijumpai menutupi ujung tulang pipa sebagai tulang rawan sendi. Juga pada tulang rawan rusuk, pada hidung, laring, trakea, dan pada bronkus.

#### b) Tulang rawan fibrosa

Tulang rawan fibrosa disusun oleh berkas-berkas serabut dengan sel tulang rawan tersusun di antara berkas serabut itu, dijumpai pada tempat yang memerlukan kekuatan besar. Tulang rawan fibrosa ada di bagian dalam rongga tulang panggul, dan tulang belikat. Juga sebagai tulang rawan penghubung seperti pada cakram intervertebralis pada tulang belakang, dan bantalan tulang rawan pada tulang kemaluan.

#### c) Tulang rawan elastik

Sering disebut tulang rawan elastik kuning, karena mengandung sejumlah besar serabut elastik berwarna kuning. Terdapat pada daun telinga, epiglotis, dan tabung Eustachius. Jika ditekan atau dibengkokkan terasa lentur dan cepat kembali ke bentuknya semula.

### e. Struktur Rangka

#### 1) Rangka Badan (Aksial) terdiri atas:

##### a) Tengkorak

Terdiri atas 8 buah tulang kranium atau tempurung kepala dan 14 buah tulang wajah). Tulang-tulang pada tengkorak melindungi otak dan menjaga saluran masuk sistem pencernaan (rongga mulut) serta lobang masuk sistem respirasi (rongga hidung). Tengkorak terdiri atas 22 buah tulang, yaitu 8 buah tulang yang membentuk tempurung kepala (kranium) dan 14 buah tulang yang bersambungan membentuk tulang wajah.

Tujuh buah tulang tambahan bergabung dengan tengkorak yaitu 6 buah tulang-tulang pendengaran (tulang landasan, martil, dan sanggurdi masing-masing satu pasang) berada di sebelah dalam tulang pelipis, dan tulang hioid dihubungkan dengan bagian bawah tulang pelipis oleh sepasang ligamen.

Tempurung kepala terdiri atas 8 buah tulang, yaitu 1 buah tulang kepala belakang, 2 buah tulang ubun-ubun, 1 buah tulang dahi, 2 buah tulang pelipis, 1 buah tulang baji, dan 1 buah tulang tapis yang tersambung oleh sutura. Tempurung kepala memiliki fungsi yang sangat penting. Fungsi tulang tengkorak adalah melindungi otak. Tulang-tulang yang berhubungan dengan tengkorak (terdiri atas 6 buah tulang pendengaran dan 1 buah tulang hioid).

## 2) Rangka dada

Terdiri atas 1 buah tulang dada dan 24 buah tulang rusuk)

Tulang-tulang pada daerah dada membentuk sejenis sangkar yang melindungi jantung dan paru-paru. Tulang dada merupakan tulang pipih berada di bagian tengah dan depan rongga dada. Tulang dada merupakan tempat melekatnya tulang rusuk dan otot-otot yang membantu kita bernapas. Tulang rusuk juga melindungi jantung.

Tujuh pasang tulang rusuk paling atas pada ujungnya terdapat tulang rawan dan langsung bersambungan dengan tulang dada (tulang rusuk sejati). Tiga pasang tulang rusuk di bawahnya tidak langsung berhubungan dengan tulang dada (tulang rusuk palsu). Ketiga pasang tulang ini berhubungan dengan tulang rawan yang menyambung pada tulang dada. Dua pasang tulang rusuk paling bawah sama sekali tidak melekat pada tulang dada. Kedua pasang tulang rusuk ini hanya melekat di bagian belakang.

## 3) Rangkaian tulang belakang

Terdiri atas 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang belakang bagian dada, 5 ruas tulang bagian pinggang 1 buah tulang kelangkang yang disusun oleh 5 ruas yang

rudimenter menjadi satu, dan 1 buah tulang tungging yang disusun oleh 4 ruas yang rudimenter menjadi satu).

Ruas-ruas tulang belakang disusun oleh 33 buah tulang kecil yang dikenal sebagai vertebra. Ruas-ruas tulang belakang melindungi sumsum tulang belakang. Setiap tonjolan tulang belakang merupakan satu ruas tulang yang terpisah. Di antara tulang-tulang itu terdapat lempengan tulang rawan disebut cakram yang bertindak sebagai bantalan untuk meredam kejutan.

Ruas-ruas tulang belakang dibagi dalam beberapa daerah.

- (1) Ruas-ruas tulang leher (7 buah) terdapat pada daerah leher yang mendukung kepala. Adanya ruas-ruas tulang ini membuat leher dapat lentur dan memungkinkan kepala dapat digerakkan ke berbagai arah.
- (2) Di bawah leher terdapat 12 ruas tulang belakang bagian dada. Tulang ini ikut membantu mendukung kerangka rongga dada.
- (3) Selanjutnya 5 buah ruas tulang belakang bagian pinggang merupakan penyangga utama berat badan. Tulang pinggang merupakan ruas tulang belakang terbesar dan terkuat.
- (4) Selanjutnya 5 ruas tulang kelangkang yang menyatu di daerah kelangkang. Tulang ini pun menyatu dengan tulang panggul di kedua sisinya. Gabungan tulang kelangkang dengan tulang usus disebut tulang panggul. Di bawah tulang kelangkang terdapat tulang tungging (tulang ekor) yang terdiri atas 3 – 5 ruas tulang yang menyatu.

#### 4) Rangka Anggota Gerak (Apendikular)

##### a) Gelang Bahu

Tulang belikat bersama tulang selangka membentuk gelang bahu. Gelang bahu menyediakan tempat hubungan bagi lengan pada rangka aksial.

##### b) Lengan

Salah satu ujung tulang lengan atas melekat pada gelang bahu. Ujung bawah bertemu dengan dua buah tulang lengan bawah pada sendi siku.

##### c) Tangan

Terdapat delapan buah tulang pada pergelangan tangan, tersusun atas dua baris, empat tulang dalam setiap baris. Adanya tulang ini membuat pergelangan tangan leluasa bergerak. Tulang-tulang pergelangan tangan bersambungan dengan lima tulang yang membentuk telapak tangan. Setiap jari memiliki tiga

buah tulang, kecuali pada ibu jari yang hanya dua tulang. Ujung ibu jari dapat menyentuh semua ujung jari lainnya.

d) Gelang Panggul

Tulang panggul membentuk gelang yang kuat dapat menyeimbangkan berat tubuh pada kaki. Gelang panggul juga melindungi kebanyakan organ yang ada pada rongga perut, khususnya organ reproduksi. Walaupun gelang panggul terdiri atas banyak tulang, tulang-tulang itu bersambungan sangat erat dan menyatu, sehingga tampaknya hanya sebuah tulang.

e) Tungkai

Tulang paha merupakan tulang terbesar, terkuat, dan terberat di dalam tubuh. Hal itu disebabkan tulang paha harus mendukung berat tubuh bagian atas sewaktu berjalan, berlari, atau sewaktu kita melompat. Masing-masing tulang paha memanjang dari panggul sampai lutut. Di bawah lutut, terdapat dua buah tulang yang lebih kecil yang membagi beban berat tubuh. Tulang yang lebih besar (tulang kering) menyangga beban lebih banyak yang berasal dari tulang paha dan diteruskan pada kaki. Tulang yang lebih kecil (tulang betis) membantu tumit bergerak dengan leluasa. Tempurung lutut selalu berada di tempatnya, diikat oleh tendon dari otot sekitarnya. Tulang ini melindungi sendi lutut dan memungkinkan lutut membengkok secara halus.

f) Kaki

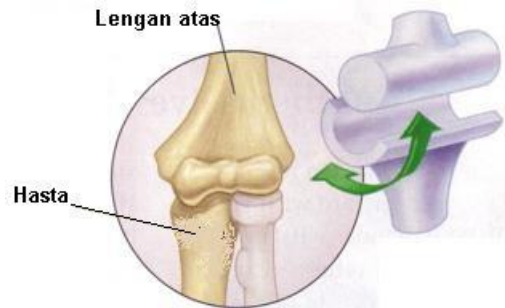
Struktur kaki mirip struktur tangan, tetapi kaki lebih kuat dan lebih kaku. Sebagaimana halnya tangan, lima buah tulang membentuk telapak kaki. Tulang-tulang ini berhubungan dengan tulang-tulang jari kaki. Ibu jari kaki, mirip dengan ibu jari tangan, hanya terdiri atas dua buah tulang. Jari kaki lainnya terdiri atas tiga buah tulang. Tulang terbesar pada kaki dan tulang yang terkecil pada jari kaki berperan menyerap kejutan sewaktu berjalan.

f. Sendi

Tempat bertemunya dua buah tulang dinamakan sendi. Sendi diikat oleh ligamen dan tendon. Terdapat tiga jenis sendi 1) sendi dengan gerakan bebas, 2) sendi dengan gerakan terbatas, 3) sendi yang tidak dapat bergerak.

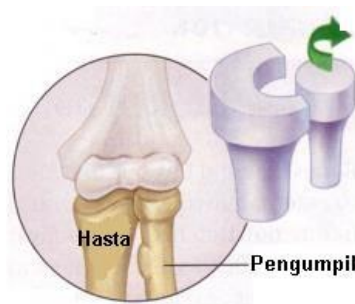
Sendi dengan gerakan bebas ada 4 jenis, yaitu:

- 1) Sendi engsel adalah jika gerakan dapat dilakukan ke satu arah (Gambar 44). Contoh sendi engsel adalah sendi pada lutut dan siku.



Gambar 44. Sendi engsel  
(Sumber : Setiawan, 2007)

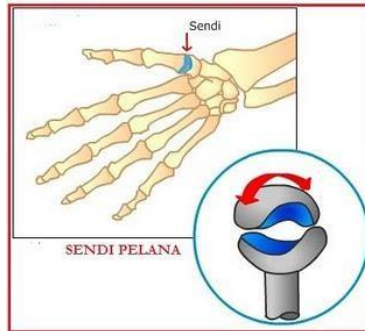
- 2) Sendi putar, tulang yang satu mengitari tulang yang lain. Bentuk seperti ini memungkinkan tulang itu saling menyilang. Contoh, ujung dua buah tulang pada lengan bawah, tulang hasta dan pengumpil, bertemu membentuk sendi putar pada siku (Gambar 45).



Gambar 45. Sendi putar  
(Sumber : Setiawan, 2007)

- 3) Sendi pelana

Sendi pelana memungkinkan tulang yang satu meluncur pada tulang yang lain (Gambar 46). Tulang-tulang pada pergelangan tangan membentuk sendi pelana, dengan fleksibilitas yang tinggi. Sendi semacam ini terdapat juga pada tulang-tulang pergelangan kaki.



Gambar 46. Sendi pelana  
(Sumber: Setiawan, 2007)

#### 4) Sendi geser

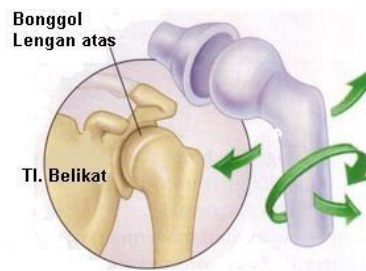
Sendi geser terdapat pada hubungan antar tulang yang memungkinkan pergerakan menggeser suatu tulang dengan tulang lain (Gambar 47). Contohnya seperti pada tulang belakang.



Gambar 47. Sendi Geser  
( Sumber:Seeley, Rod. R. 2014)

#### 5) Sendi peluru

Sendi peluru terbentuk dengan ujung tulang yang berbentuk bola masuk pada bagian tulang lainnya yang berbentuk mangkuk (Gambar 48). Sendi yang terdapat pada bahu dan panggul merupakan contoh sendi ini. Sendi peluru memungkinkan gerakan ke semua arah.



Gambar 48. Sendi peluru  
Sumber: <http://biologipedia.blogspot.com/2010/10/sendipelana.html>, diunduh tanggal 4/9/2015)

## 2. Sistem Otot Manusia

### a. Jenis Otot Manusia

Otot manusia dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan penampakkannya:

#### 1) Otot Lurik

Dikatakan otot lurik karena adanya daerah gelap dan daerah yang terang berselangan kalau dilihat dengan mikroskop. Otot lurik disebut juga otot sadar karena bekerja menurut perintah otak.

#### 2) Otot Polos

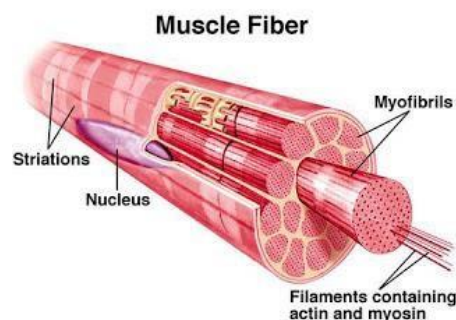
Di bawah mikroskop otot polos tampak polos. Bekerjanya dibawah kesadaran kita, misalnya pada rahim, usus, pembuluh darah, dan saluran kelamin.

#### 3) Otot Jantung

Bekerjanya dibawah kesadaran kita, bentuknya bergaris melintang. Otot jantung hanya terdapat pada dinding jantung.

### b. Struktur Anatomi Otot

Setiap otot terdiri dari beberapa ratus hingga beberapa ribu sel otot. Di dalam setiap sel otot terdapat banyak struktur yang mirip benang yang disebut myofibril (Gambar 49).



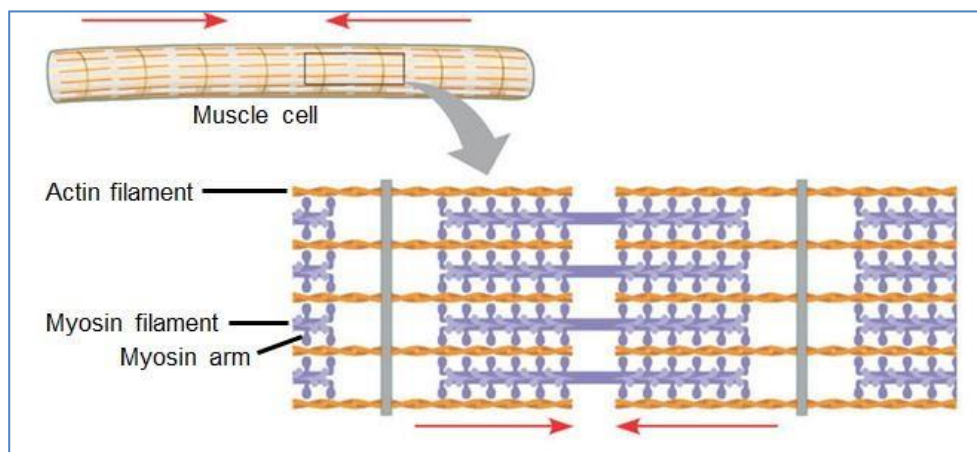
Gambar 49. Struktur otot  
(Sumber : <http://contohlaporan.blogspot.com/2009/11/mekanisme-kerja-otot.html>,  
diunduh tanggal 4/9/2015)



Pada setiap miofibril terdapat banyak filamen tebal dan filamen tipis yang susunannya sejajar. Setiap filamen tipis terdiri atas dua untaian manik-manik yang saling berpilin. Butir-butir manik-manik tersebut adalah molekul globular dari aktin. Setiap filamen tebal terdiri atas sekumpulan molekul miosin. Aktin dan miosin merupakan protein yang menggerakkan otot. Molekul miosin memiliki bagian kepala dan bagian ekor yang panjang. Molekul aktin dan miosin merupakan komponen dari sarkomer.

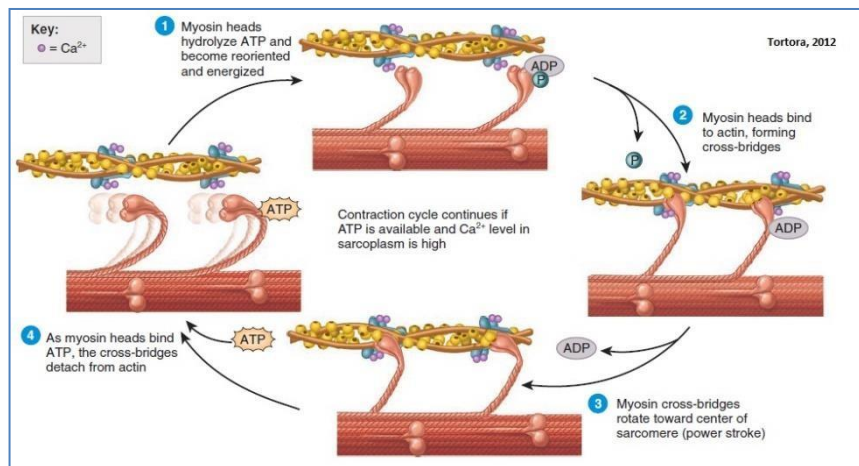
### c. Mekanisme Kontraksi Otot

Otot dalam tubuh akan berkontraksi jika mendapatkan rangsangan. Proses kontraksi otot didahului dengan datangnya impuls saraf. Ribuan filamen aktin disusun sejajar satu sama lain di sepanjang sel otot, yang diselingi dengan filamen yang lebih tebal yang terbentuk dari protein yang disebut miosin (gambar 50).



Gambar 50. Aktin dan miosin dalam sel  
(Sumber: Campbell, 2002)

Kontraksi sel otot terjadi akibat filamen aktin dan miosin yang saling meluncur melewati yang lain, yang akan memperpendek selnya. Dalam sel otot, filamen aktin terletak sejajar dengan filamen miosin tebal. Miosin bertindak sebagai molekul motor dengan bantuan lengan yang “menjalankan” kedua jenis filamen itu untuk saling melewati yang lainnya. Kerja tim dari banyak filamen yang meluncur seperti ini membuat seluruh sel otot dapat memendek (Gambar 45).



Gambar 51. Filamen aktin dan miosin yang saling meluncur  
(Sumber: <http://deborafilifos.blogspot.com/2013/03/sistem-otot.html>, diunduh tanggal 4/9/2015)

## d. Cara Kerja Otot

### 1) Otot sinergis

Yaitu hubungan antar otot yang cara kerjanya saling mendukung/bekerja sama/menimbulkan gerakan yang searah. Untuk menggerakkan tulang dari satu posisi ke posisi yang lain, kemudian kembali ke posisi semula, diperlukan paling sedikit dua macam otot dengan kerja berbeda.

Contoh:

- Seluruh otot pronator yang mengatur pergerakan telapak tangan untuk menelungkup.
- Seluruh otot supinator yang mengatur pergerakan telapak tangan menengadah.

### 2) Otot antagonis

Otot antagonis adalah dua otot atau lebih yang tujuan kerjanya berlawanan. Contoh otot antagonis adalah otot bisep dan trisep. Untuk mengangkat lengan bawah, otot bisep berkontraksi dan otot trisep berelaksasi. Untuk menurunkan lengan bawah, otot trisep berkontraksi dan otot bisep berelaksasi.

Macam otot antagonis:

- Otot ekstensor (meluruskan) dengan fleksor (membengkokkan).

- b) Otot abductor (menjauhi sumbu badan) dengan adductor (mendekatisumbu badan).
- c) Otot supinator (menengadahkan) dengan pronator (menelungkup).
- d) Otot depressor (gerakan ke bawah) dengan elevator (gerakan ke atas).

### 3. Gangguan/Penyakit pada Sistem Rangka

#### a. Osteoporosis

Osteoporosis adalah kondisi di mana tulang menjadi tipis, rapuh, keropos dan mudah patah akibat berkurangnya massa tulang, khususnya kalsium yang terjadi pada waktu lama. Komplikasi serius dari osteoporosis yang sering terjadi adalah patah tulang.

#### b. Patah Tulang

Patah tulang disebut juga fraktura dapat berupa sebagian dapat pula seluruhnya. Gambar 52. memperlihatkan tiga bentuk patah tulang.

- 1) “Fraktura batang hijau” merupakan patah tulang sebagian yang umum terjadi pada anak-anak.
- 2) Patah tulang sederhana terjadi jika tulang retak menjadi dua bagian, tetapi ujung tulang yang patah tidak keluar kulit.
- 3) patah tulang riuk (terbuka), ujung tulang yang patah menyobek kulit dan muncul ke luar. Pada patah tulang jenis ini ujung tulang yang keluar mudah diserang bibit penyakit.



Gambar 52. Tiga Bentuk Patah Tulang  
kiri: green-stick; tengah: sederhana; kanan: terbuka (Sumber: Setiawan, 2007)

### c. Luka pada Sendi

Kecelakaan pada sendi yang paling umum adalah keseleo. Keseleo terjadi jika ligamen dan tendon di sekitar sendi terenggut. Pada keseleo yang hebat jaringan itu dapat robek.

Bentuk lain kecelakaan pada sendi adalah dislokasi. Pada kasus dislokasi, ujung tulang tertarik ke luar sendi. Ligamen yang menghubungkan tulang pada sendi terenggut dan sobek.

Bursitis merupakan masalah sendi yang tidak secara langsung berhubungan dengan luka. Bursitis merupakan peradangan dengan rasa sakit pada kantung kecil di dekat sendi. Kantung ini, disebut bursae, terletak di antara tendon atau di antara tendon dan tulang. Tanpa kantung ini tendon akan bergesekan satu dengan yang lainnya.

### d. Masalah pada Kaki

Ketika kita berdiri dengan telapak kaki menempel pada lantai, tampak bahwa bagian tengah telapak kaki kita tidak menyentuh lantai. Bagian ini dinamakan lengkung kaki. Lengkung kaki terbentuk dari susunan tulang-tulang pada kaki dan tekanan di antara tulang-tulang itu yang diikat oleh ligamen dan otot. Struktur ini membuat telapak kaki mirip pegas. Jika kaki menginjak lantai, lengkung kaki sedikit memipih lalu melengkung kembali. Kerja pegas ini mampu meredam kejutan dan menggunakan energi untuk melengkungkan kembali lengkung kaki pada langkah berikutnya. Kadangkala lengkung kaki menjadi pipih. Hal itu berarti semua bagian alas kaki menyentuh lantai. Hal itu berakibat berat badan tidak berada di pusat. Membuat kulit dan otot pergelangan kaki bekerja lebih berat untuk menyeimbangkan tubuh. Sakit pada lengkung kaki, pergelangan kaki, dan otot betis merupakan pertanda turunnya lengkung kaki. Wanita yang mengenakan sepatu dengan hak tinggi dapat menyebabkan lengkung kaki memipih. Sepatu dengan bantalan kecil, disebut arch supports dapat membantu keadaan ini.

Problem pada kaki lainnya adalah bunion. Bunion merupakan pembengkakan yang berat pada sendi ibu jari kaki. Bunion dapat disebabkan oleh arthritis atau tidak seimbangya otot pada kaki dan tungkai. Juga dapat disebabkan karena menggunakan sepatu sempit yang menekan jari secara bersamaan. Persendian pada ibu jari merupakan sendi engsel yang memungkinkan ibu jari bergerak ke

atas dan ke bawah. Mengenakan sepatu sempit, mengakibatkan jari dan sendi mendapat tekanan dari satu sisi. Pada tahap awal terbentuk bunion, sepatu yang lebar diperlukan, namun pembedahan sangat diperlukan pada kasus lanjutan.

e. Arthritis

Penyakit ini ditandai dengan pembengkakan dan pengembangan jaringan di sekitar sendi. Dengan beberapa macam arthritis, sendi menjadi kaku dan terjadi kerusakan tetap karena robeknya jaringan sendi.

Dengan mengetahui beberapa gangguan dan penyakit di atas, kita layak untuk bersyukur kepada Allah, Tuhan YME atas nikmat berupa kesehatan pada sistem gerak kita. Dengan pemahaman ini semoga mendorong guru untuk lebih aktif dan giat belajar dan mengajar, menekuni profesinya dengan baik.

## **D. Rangkuman**

Gerak terjadi oleh adanya kerja sama antara rangka dan otot. Otot menempel pada tulang dan menghubungkan tulang yang satu dengan tulang lainnya. Otot mempunyai kemampuan berkontraksi yang dapat menggerakkan tulang dengan mekanisme tertentu sehingga otot disebut alat gerak aktif, sedang tulang disebut alat gerak pasif. Sistem rangka memiliki lima fungsi utama yaitu sebagai penopang/penegak tubuh, tempat penyimpanan kalsium dan lemak, penghasil sel-sel darah, pelindung alat-alat tubuh penting, dan sebagai alat pergerakan. Tulang pada bayi sebagian besar disusun oleh tulang rawan. Dengan tumbuhnya bayi, sel-sel tulang rawan digantikan dengan tulang keras yang memiliki struktur lingkaran konsentris dari kalsium dan fosfat di antara sel-sel tulang. Proses perubahan dari tulang rawan ke sel tulang keras dinamakan penulangan (osifikasi). Berdasarkan bentuknya, tulang-tulang itu dibedakan menjadi: tulang panjang/tulang pipa, tulang pendek, tulang pipih, tulang tidak beraturan, tulang sesamoid, dan tulang sutura. Menurut bahan penyusunnya, tulang dapat dikelompokkan atas tulang keras atau biasa disebut tulang saja (osteon) dan tulang rawan (kartilago). Sistem rangka terdiri dari rangka badan (rangka aksial) dan rangka anggota gerak (rangka apendikular). Komponen rangka aksial adalah tengkorak dan tulang-tulang yang berhubungan dengan tengkorak, rangka dada,

dan rangkaian tulang belakang. Lengan (gelang bahu, lengan, dan tangan) serta tungkai (gelang panggul, tungkai, dan kaki) yang berhubungan dengan rangka aksial membentuk rangka apendikular.

Tempat bertemunya dua buah tulang dinamakan sendi. Konstruksi sendi bervariasi semuanya memungkinkan tulang-tulang pada sambungan itu bergerak, atau mencegah terjadinya gerakan. Tiga jenis sendi adalah (1) sendi dengan gerakan bebas, (2) sendi dengan gerakan terbatas, (3) sendi yang tidak dapat bergerak. Ada empat jenis sendi dengan gerakan bebas, yaitu (1) sendi engsel; (2) sendi putar; (3) sendi luncur/pelana; dan (4) sendi peluru.

Dilihat dari bentuk dan cara kerjanya jaringan otot dibagi menjadi 3 macam, yaitu: Otot Lurik (otot bergaris melintang), otot polos, dan otot jantung. Di dalam setiap sel otot terdapat banyak struktur yang mirip benang yang disebut miofibril. Otot dalam tubuh akan berkontraksi jika mendapatkan rangsangan. Kontraksi sel otot terjadi akibat filamen aktin dan miosin yang saling meluncur melewati yang lain, yang akan memperpendek selnya. Berdasarkan cara kerjanya dibedakan menjadi: Otot sinergis dan otot antagonis.