

FISIKA DALAM KEPERAWATAN

Fisika memiliki peran besar dalam dunia kesehatan, termasuk di dalamnya keperawatan. Berbagai proses dalam keperawatan menerapkan dan mempertimbangkan prinsip-prinsip fisika untuk memastikan efisiensi dan keefektifan tindakan keperawatan, validitas hasil pengukuran serta keamanan pasien (*patient safety*). Pengetahuan fisika juga digunakan untuk membantu dalam memahami kondisi dan situasi yang dihadapi.

Penggunaan fisika dalam dunia kesehatan mempengaruhi dua aspek penting yaitu fisiologi-patofisiologi dan terapi. Fisika fisiologi/faal fisika dapat menjelaskan menjelaskan fungsi tubuh manusia dan kondisi terkait, baik dalam keadaan sehat maupun sakit. Dalam hal terapi, pengetahuan fisika digunakan dalam banyak alat bantu yang digunakan untuk diagnosa, penyembuhan maupun rehabilitasi pasien. Materi yang akan dibahas berikut ini meliputi biomekanika, biooptik, bioakustik dan termodinamika. Topik-topik tersebut merupakan sebagian dari topik-topik lain yang akan terkait dan ditemui dalam proses asuhan keperawatan.

A. PENGUKURAN

Sebelum membahas fisika dan fungsi tubuh maupun penerapannya dalam keperawatan, salah satu hal yang harus mendapatkan perhatian adalah pengukuran. Banyak hal melibatkan pengukuran, misalnya: menghitung frekuensi nadi, mengukur tekanan darah, mengidentifikasi pemendekan ekstremitas. Pengukuran adalah sebuah proses yang dilakukan untuk membandingkan sebuah kuantitas dari benda/hal yang menjadi objeknya.

Sebagaimana dalam fisika, pengukuran dalam keperawatan dilakukan pada besaran baik pokok maupun turunannya. Dengan begitu, diperlukan pemahaman mengenai besaran yang diukur dan satuannya. Pengukuran yang dilakukan dapat berupa pengukuran sekali maupun berulang, dengan waktu pengukuran yang sifatnya tetap berulang, sewaktu (ditentukan), maupun sewaktu-waktu. Setiap hasil pengukuran harus dicatat untuk mengetahui perbandingan dari waktu ke waktu, pola hasil, dan pertanggungjawaban (legal formal).

Ketelitian dan kebenaran hasil penelitian sangat berperan dan menjadi hal yang harus diperhatikan. Setiap pengukuran harus dipastikan validitas datanya dengan prosedur yang

baku serta konsistensi dalam melakukan pengukuran. Kesalahan pengukuran, baik karena proses, waktu, maupun alat yang digunakan dapat berakibat fatal. Dalam diagnosis dikenal faal positif dan faal negatif. Kesalahan pengukuran dapat mengakibatkan seseorang dinyatakan mengalami gangguan atau penyakit tertentu padahal sebenarnya tidak, atau bahkan sebaliknya. Tindakan untuk meminimalisasi kesalahan yang dapat dilakukan adalah prosedur baku dan pelatihan keterampilan dalam pengambilan pengukuran, pengulangan pengukuran, penggunaan alat yang dapat dipercaya (termasuk alat yang sesuai), kalibrasi terhadap alat.

B. BIOMEKANIKA

Bagian ini akan membahas sistem biomekanika dalam tubuh manusia. Sebagian tubuh manusia merupakan sistem kerja model mekanik sederhana.

1. Hukum Newton

Hukum Newton terbagi dalam tiga bagian yang membahas kelembamban, gerak dan reaksi.

a. Hukum Newton I

Selama tidak ada resultan gaya yang bekerja pada sebuah benda maka benda tersebut akan selalu pada keadaannya, yaitu benda yang diam akan selalu diam dan benda yang bergerak akan bergerak dengan kecepatan konstan.

$$\sum \mathbf{F} = 0, a = 0$$

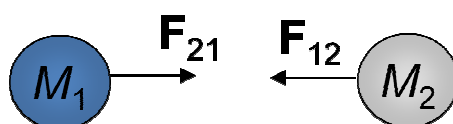
b. Hukum Newton II

Percepatan pada sebuah benda sebanding dengan resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

c. Hukum Newton III

Jika dua benda berinteraksi, gaya yang dilakukan oleh benda pertama pada benda kedua sama dan berlawanan arah dengan gaya yang dilakukan oleh benda kedua pada benda pertama.



2. Gaya pada tubuh dan gaya di dalam tubuh

a. Gaya pada tubuh

Gaya yang bekerja pada tubuh/mengenai tubuh dapat berupa stress/tekanan dan strain/tarikan. Gaya ini dapat merupakan akibat dari peristiwa mendorong/didorong, menabrak/ditabrak, dan beberapa peristiwa yang menimbulkan benturan. Berbagai cedera dapat muncul akibat gaya ini, seringkali adalah pada sistem muskuloskeletal, otot, organ dalam dan bagian tubuh lain yang berupa memar, ruptur atau bentuk lain. Sebagai contoh adalah terjadinya cedera servikal akibat akselerasi/deselerasi, fraktur kompresi vertebra, dislokasi, memar otot, ruptur organ dalam. Tidak semua gaya yang bekerja pada tubuh menimbulkan cedera, hal ini tergantung pada besarnya gaya, arah gaya dan struktur yang terkena. Traksi untuk melakukan koreksi pada fraktur maupun kelainan tulang belakang bekerja dengan sistem ini.

b. Gaya di dalam tubuh

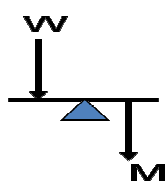
Gaya di dalam tubuh merupakan gaya yang muncul akibat sistem atau materi yang bekerja di dalam tubuh. Sistem tubuh yang dapat menimbulkan gaya ini contohnya adalah gaya akibat fluida (cair dan gas) dan kontraksi otot. Contoh gaya yang muncul akibat adanya fluida adalah hidrostatik dan osmotik. Kontraksi otot jantung menimbulkan aliran darah ke seluruh tubuh. Kontraksi dari otot-otot pada rangka membuat manusia mampu melakukan ambulasi dan mobilisasi. Pengaruh abnormalitas sistem peredaran darah dan gravitasi dapat menimbulkan varises.

c. Gaya dalam keadaan statis dan dinamis

Gaya pada tubuh ini dapat muncul baik dalam keadaan dinamis maupun statis. Keadaan statis adalah keadaan dimana tubuh berada dalam keadaan setimbang karena resultan gaya yang bekerja sama dengan nol. Dalam mendukung pergerakan, sistem muskuloskeletal berfungsi sebagai pengumpul. Gaya yang bekerja adalah gaya berat dan gaya otot.

1) Pengumpul kelas pertama

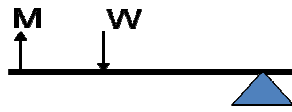
Titik tumpuan terletak diantara gaya berat dan otot.



<p>W = gaya berat M = gaya otot</p>

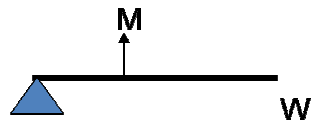
2) Pengumpul kelas ke dua

Gaya berat diantara titik tumpu dan gaya otot. Contoh: telapak kaki saat berlari.



3) Pengumpul kelas ke tiga

Gaya otot terletak diantara titik tumpuan dan gaya berat. Contoh: mengangkat beban dengan tangan.



3. Keuntungan mekanik

Merupakan hasil perbandingan antara gaya otot dan gaya berat. Keuntungan mekanik ini ditentukan oleh besarnya masing-masing gaya dan panjang lengannya (jarak antara titik tumpu dan gaya)

$$\text{Keuntungan Mekanik} = \frac{M}{W} = \frac{I_W}{I_M}$$

4. Penggunaan klinik

a. Ergonomi

Perancangan alat dan penentuan posisi yang mendukung aktivitas, meningkatkan kenyamanan dan mencegah cedera.

b. Traksi

Traksi adalah tindakan yang dilakukan dengan memberikan beban pada sistem muskuloskeletal untuk keperluan reduksi fraktur, penanganan spasme otot, atau koreksi kelainan struktur yang lain. Traksi terdiri atas traksi kulit dan skeletal.

5. Momentum

Besaran yang merupakan ukuran mudah atau sukarnya suatu benda mengubah keadaan geraknya (mengubah kecepatannya, diperlambat atau dipercepat), ikut berperan dalam mekanisme cedera akibat proses akselerasi deselerasi. Dalam kegiatan sehari-hari perawat sering berhadapan dengan pemindahan pasien menggunakan kursi roda, tempat tidur atau brankard dorong yang menuntut kemampuan perawat untuk memperkirakan momentum sehingga dapat melakukan kegiatan dengan aman.

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

6. Keseimbangan

Keseimbangan tubuh muncul dari berbagai gerakan di segmen tubuh dengan dipadukan dengan sistem muskuloskeletal dan bidang tumpu. Manusia mampu untuk beraktivitas secara efektif dan efisien dalam kondisi seimbang yang merupakan hasil menyeimbangkan massa tubuh dengan bidang tumpu. Keseimbangan terbagi atas keseimbangan statis yaitu kemampuan tubuh untuk menjaga kesetimbangan pada posisi tetap (berdiri dengan satu kaki, berdiri di atas balok titian) dan keseimbangan dinamis yang berupa kemampuan menjaga keseimbangan saat bergerak. Keseimbangan merupakan hasil interaksi sistem sensorik (vestibular, visual, dan somatosensorik) dan muskuloskeletal (otot, sendi, tulang). Faktor usia, motivasi kognisi, lingkungan dan obat-obatan juga ikut berpengaruh.

Keseimbangan juga dapat dibedakan menjadi keseimbangan stabil dan labil sesuai dengan gaya yang bekerja.

Stabil	Labil
<ul style="list-style-type: none"> ○ Pusat gravitasinya naik jika diberi gaya. ○ Muncul gaya pemulih yang menyebabkan kembali kekeadaan semula. ○ Tenaga potensial bertambah 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pusat gravitasinya turun jika diberi gaya. ○ Posisi benda akan mengalami perubahan. ○ Tenaga potensial berkurang

Pengaruh gaya terhadap keseimbangan ditentukan oleh besar, posisi dan arahnya. Pada sistem dua dimensi gaya dapat dibagi menjadi gaya searah sumbu x dan searah sumbu y. Momentum merupakan kekuatan dengan kecenderungan untuk membelokkan atau memutar tubuh sesuai arah dan besarnya.

Ketika gaya mengenai struktur tubuh, dua proses yang mungkin terjadi adalah:

- Tubuh berubah bentuk dan menimbulkan stress internal untuk membagi beban yang diterima.
 - Tubuh bergerak
- Tubuh memiliki tiga pergerakan badan potensial yaitu sepanjang aksis x, sepanjang aksis y dan berotasi terhadap aksis normal dalam bidang aksis tersebut (disebut aksis z)

C. BIOAKUSTIK

Bioakustik membahas bunyi yang berhubungan dengan makhluk hidup, terutama manusia. Topik utama dari akustik dan bioakustik adalah getaran/gelombang sebagai sumber munculnya bunyi. Dalam bahasan bioakustik ini yang dipelajari adalah pendengaran manusia. Bioakustik selama ini digunakan dalam diagnostik maupun terapi, dengan memanfaatkan sifat gelombang yang dapat dipantulkan diserap dan diteruskan.

1. Frekuensi, kecepatan dan panjang gelombang.

Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar, namun tidak semua getaran bisa terdengar oleh telinga manusia. Berdasarkan frekuensinya, getaran digolongkan menjadi 3, yaitu:

- Infrasonik (0 – 16 Hz, <20 Hz). → getaran gempa, tanah longsor dsb.
- Sonik (20 Hz sampai dengan 20.000 Hz → suara pembicaraan, suara lonceng dan sebagainya.
- Ultrasonik (>20.000 Hz). → magnet listrik, getaran kristal piezo elektrik (USG, diatermi dll).

2. Sumber bunyi

Sumber bunyi sehari-hari ada dua yaitu alami dan buatan. Bunyi-bunyi ini dapat ditangkap dengan mikrofon. Kuat lemahnya bunyi, cepat rambat dan jangkauan bunyi yang dapat didengar bisa jadi sangat bervariasi dipengaruhi oleh cuaca dan angin. Bunyi merambat dengan kecepatan 340 m/s

3. Intensitas bunyi

Energi yg melewati medium 1 m²/detik (watt/m²)

Bell → 1 Bell (Nineau) = 10 log I/I₀

1 Bell = 10 dB

Tidak berkaitan dgn frekuensi

4. Efek Doppler

Frekuensi bunyi bisa berubah-ubah akibat perubahan jarak antara sumber bunyi dengan pendengar. Perubahan tersebut muncul akibat sumber bunyi bergerak mendekati atau menjauhi pendengar, pendengar bergerak mendekati atau menjauhi sumber bunyi atau sumber bunyi dan pendengar bergerak saling mendekati atau saling menjauhi.

a. Sumber bunyi bergerak

Formula frekuensi adalah:

Untuk sumber bunyi mendekati pendengar: $f = f_o \cdot v/(v-c)$

Untuk sumber bunyi menjauhi pendengar: $f = f_o \cdot v/(v+c)$

Keterangan:

f = frekuensi sekarang

f_o = frekuensi bunyi mula-mula

v = kecepatan perambatan bunyi di udara (340 m/s)

c = kecepatan gerakan sumber bunyi atau pendengar

b. Sumber bunyi tidak bergerak

Formula frekuensi sekarang adalah:

Untuk pendengar mendekati sumber bunyi: $f = f_o \cdot (v+c)/v$

Untuk pendengar menjauhi sumber bunyi: $f = f_o \cdot (v-c)/v$

Keterangan:

f = frekuensi sekarang

f_o = frekuensi bunyi mula-mula

v = kecepatan perambatan bunyi di udara (340 m/s)

c = kecepatan gerakan sumber bunyi atau pendengar

5. Ultrasonik dalam klinik

Efek gelombang ultrasonik:

- Mekanik: Membentuk emulsi asap/awan & disintegrasi benda padat, sebagian gelombang direfleksi, sebagian menjadi panas → pembentukan rongga
- Kimia: Oksidasi & hidrolisis
- Efek biologis: merupakan gabungan efek dari dilatasi, permeabilitas membran meningkat, merangsang aktivitas sel, kehancuran sel

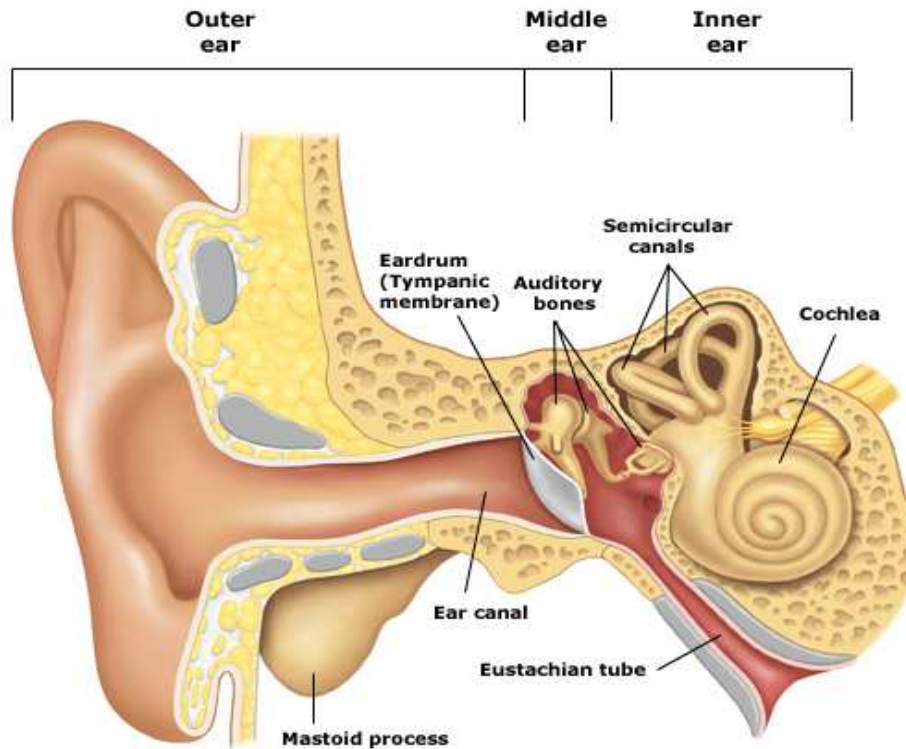
6. Telinga dan proses pendengaran

Telinga adalah organ yang berperan menerima getaran suara. Getaran merupakan suatu gerakan sehingga tergolong sebagai energi mekanik. Setelah energi mekanik ini diterima dan diolah di dalam telinga, selanjutnya akan diubah menjadi energi listrik setelah diterima oleh reseptor saraf sensorik di organon korti telinga dalam.

a. Telinga luar

- Aurikel (daun telinga) mengumpulkan gelombang suara.
- Meatus akustikus eksternus (liang telinga luar) meneruskan gelombang suara menuju telinga tengah.

- Membrana timpani (gendang telinga) sebagai pembatas telinga luar dan telinga dalam digetarkan dan menguatkan suara. Luas membrana timpani kira-kira 51 mm^2 .
- b. Telinga tengah
- Tulang-tulang pendengaran (malleus, inkus dan stapes) menguatkan suara dengan mekanisme gaya unkit dan melanjutkannya menuju pembatas telinga dalam yaitu foramen ovale.
 - Efek dari gaya unkit tulang pendengaran terhadap getaran suara adalah 1,3 kali.
 - Tulang-tulang pendengaran berawal dari membrana timpani seluas 51 mm^2 dan berakhir pada foramen ovale dengan luas kira-kira 3 mm^2 . Getaran suara yang masuk ke dalam telinga mengalami amplifikasi sebesar: $51/3 \times 1,3 = 22$ kali
- c. Telinga dalam
- Telinga dalam terdiri atas kokhlea (rumah siput) dan duktus semisirkularis (saluran setengah lingkaran).
 - Di dalam kokhlea terdapat 3 saluran. Pertama dan kedua, skala vestibuli dan skala timpani yang berisi cairan perilimfe, yang akan bergetar meneruskan getaran dari foramen ovale. Selanjutnya getaran ini akan menggetarkan organ korti di skala ketiga (skala media). Organ korti merupakan sel-sel rambut sebagai reseptor pendengaran.
 - Getaran merangsang reseptor saraf sensorik pendengaran (Nervus VIII) dan diteruskan ke otak untuk ditafsirkan.



Sumber: <http://www.edoctoronline.com/medical-atlas.asp?c=4&id=21693&m=1&p=3&cid=1048&s=>

Pendengaran dapat mengalami gangguan sehingga seseorang tidak mampu mendengar suara. Gangguan dapat berupa hambatan pada hantaran (tuli konduksi) atau pada sensori (tuli persepsi).

7. Bising

Bising merupakan bunyi yang dapat didengar tetapi tidak dikehendaki yang dapat berupa bunyi alami atau buatan. Berdasar frekuensi bunyi dibagi menjadi Audible noise, Occupational noise (mesin pabrik, mesin ketik), Impuls noise (bunyi menyentak). Berdasarkan waktu, bunyi dibagi menjadi Kontinu, Intermitten, Sehari penuh, Setengah hari, Impulsif.

D. BIOOPTIK

Biooptik merupakan sebuah topik dalam fisika yang membahas mengenai cahaya, sifat cahaya, alat optik dan peranannya dalam penglihatan maupun gangguannya. Mata manusia merupakan sistem optik alami yang terintegrasi dengan sistem persarafan untuk memberikan kemampuan menangkap dan mempersepsikan bayangan objek.

1. Optika geometri

Dalam optika geometri dibahas mengenai sifat cahaya dan penjalaran cahaya.

- Cahaya menjalar dalam garis lurus

- Refleksi

Refleksi atau pantulan cahaya terbagi menjadi 2 tipe: *specular reflection* dan *diffuse reflection*. *Specular reflection* menjelaskan perilaku pantulan sinar cahaya pada permukaan yang mengkilap dan rata, seperti cermin yang memantulkan sinar cahaya ke arah yang dengan mudah dapat diduga. *Diffuse reflection* menjelaskan pemantulan sinar cahaya pada permukaan yang tidak mengkilap (*matte*) seperti pada kertas atau batu.

- Refraksi

Ketika gelombang elektromagnetik menyentuh permukaan medium dielektrik dari suatu sudut, *leading edge* gelombang tersebut akan melambat sementara *trailing edgenya* tetap melaju normal

- Matematika ciri cermin/lensa

f: fokus

b: jarak benda

v : jarak bayangan

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$$

- Hk. Willebrord Snellius

n : indeks bias

i : sudut datang

r : sudut bias

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

2. Optika fisik

Optika fisik adalah bahasan yang menjelaskan ciri-ciri yang tidak terjelaskan oleh geometri dengan pendekatan lebih kepada sinarnya.

- Interferensi

Dua gelombang cahaya atau lebih yang menimbulkan pola gelombang yang baru.

- Difraksi

Merupakan respon gelombang terhadap halangan yang berada pada arah rambatnya

- Dispersi

Disebut juga dengan chromatic dispersion, terjadi saat kecepatan fase suatu gelombang bergantung kepada frekuensinya atau pada saat kecepatan grup gelombang tersebut bergantung pada frekuensi

- Polarisasi

Polarisasi adalah orientasi gelombang. Terdapat 3 jenis polarisasi, yaitu satu arah (linear polarization) atau ber-rotasi bersamaan dengan arah rambatnya (circular atau elliptical polarization).

3. Lensa

a. Sferis

Lensa sferis merupakan lensa dengan permukaan seperti irisan bola yang membulung baik ke luar atau yang disebut konveks maupun ke dalam yang disebut konkaf.

Konvergen/konveks

Sinar sejajar berkumpul dan membentuk bayangan

Lensa + / cembung

Divergen/konkaf

Sinar sejajar menyebar

Lensa - / cekung

b. Silindris

Lensa silindris memiliki permukaan seperti silinder

4. Kesesatan lensa

a. Aberasi sferis

Pada aberasi sferis terjadi perbedaan fokus yang terjadi akibat ketidaksempurnaan kecembungan lensa

b. Koma

Tidak mampu membentuk bayangan dari sinar tengah dan tepi akibat perbedaan rasio pembesaran lensa terhadap panjang gelombang sinar yang merambat melaluinya

c. Astigmatisma

Pada astigmatisma mengakibatkan pembentukan bayangan primer & sekunder yang terjadi akibat adanya perbedaan fokus secara horizontal dan vertikal sehingga terdapat lebih dari satu fokus. Sebuah objek berbentuk titik dapat terlihat sebagai garis.

d. Distorsi

Bayangan palsu

Kisi dapat nampak sebagai tong/bantal

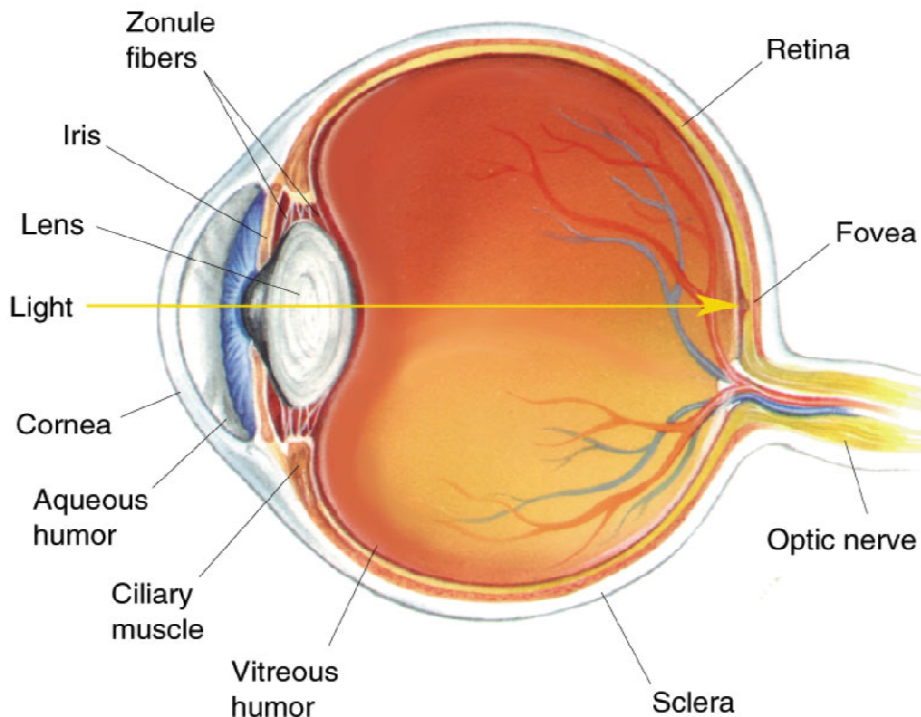
e. Aberasi kromatis

Aberasi kromatis muncul dari perbedaan fokus tiap warna dalam sinar

Aksial/longitudinal: Perubahan jarak bayangan

Lateral: Perubahan ukuran bayangan

5. Mata



Sumber: <http://www.studyblue.com/notes/n/anatomy-final-pt2/deck/4797055>

Mata bekerja berdasarkan prinsip dasar pembiasan cahaya untuk menghasilkan citra yang akan dihantarkan ke otak oleh saraf.

- Kornea dan lensa mata berfungsi sebagai lensa cembung dan menghasilkan bayangan pada bagian retina yang sensitif terhadap cahaya yang disebut fovea. Iris (melalui pupil) mengatur banyaknya cahaya yang masuk ke mata.
- Cara kerja mata serupa dengan kamera, terdapat bagian yang menerima cahaya, memfokuskan lensa, mengatur banyaknya cahaya yang masuk dan tempat pembentukan bayangan.
- Mata merupakan organ yang unik
Mata memerlukan lubrikasi dan memiliki cairan lubrikasinya sendiri
Organ mata yang berfungsi seperti diafragma untuk mengatur banyaknya cahaya yang masuk adalah iris.
Kornea hidup tanpa vaskularisasi.
- Akomodasi

Mata memiliki kemampuan mengubah kecembungan lensa mata agar bayangan tepat jatuh pada retina.

Semakin dekat objek maka lensa akan semakin cembung.

Semakin tua kemampuan akomodasi semakin berkurang.

Mata dapat melihat dengan jelas jika letak benda dalam jangkauan penglihatan, yaitu diantara titik dekat mata (*punctum proximum*) dan titik jauh mata (*punctum remotum*). Titik dekat mata berbeda-beda tetapi pada orang dewasa umumnya adalah 25 cm dan titik jauhnya tak terhingga.

Jangkauan penglihatan mata

Umur	Titik dekat
• 10	7
• 20	10
• 30	14
• 40	22
• 50	40
• 60	200

Kekuatan mata (P) :
$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$$

$v = 2 \text{ cm}$ (jarak lensa – retina)

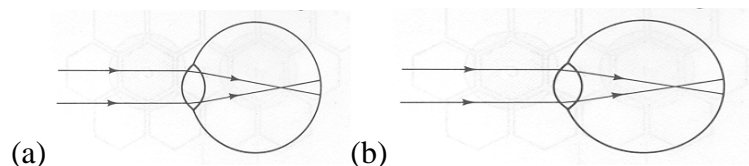
6. Penyimpangan Penglihatan

Penyimpangan penglihatan muncul akibat kegagalan lensa mata melakukan penyesuaian untuk mendapatkan bayangan yang fokus. Mata normal (emetropia) memiliki $p = +/- 25 \text{ cm}$ sedangkan pada mata yang mengalami penyimpangan dapat lebih atau kurang, demikian juga dengan titik jauh mata.

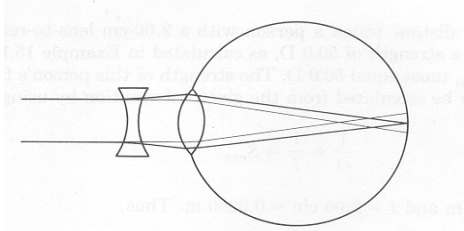
a. Miopi

P & r terlalu kecil

Bentuk mata terlalu lonjong atau lensa terlalu cembung sehingga fokus di depan retina



Penderita miopi (a) lensa mata terlalu kuat (panjang fokus lensa mata kecil) dan (b) bentuk mata terlalu memanjang.



Kacamata dengan kekuatan lensa negatif untuk penderita miopi.

Persamaan untuk menghitung kuat lensa yang diperlukan:

$$P = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

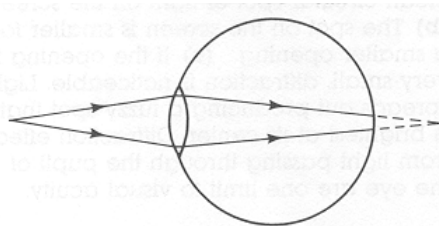
S = titik jauh mata normal (∞)

S' = - titik jauh penderita

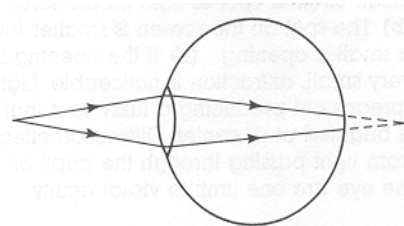
f = jarak fokus (m)

P = kuat lensa (dioptri)

b. Hipermetropi

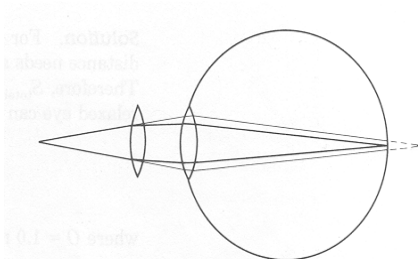


(a)



(b)

Penderita hipermetropi (a) lensa mata terlalu lemah (panjang fokus lensa mata besar), bayangan jatuh di belakang retina dan (b) bentuk mata terlalu pipih (pendek).



Koreksi penglihatan pada penderita hipermetropi dengan pemasangan kacamata dengan kekuatan lensa positif.

$$P = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

S = titik dekat mata normal (25 cm)

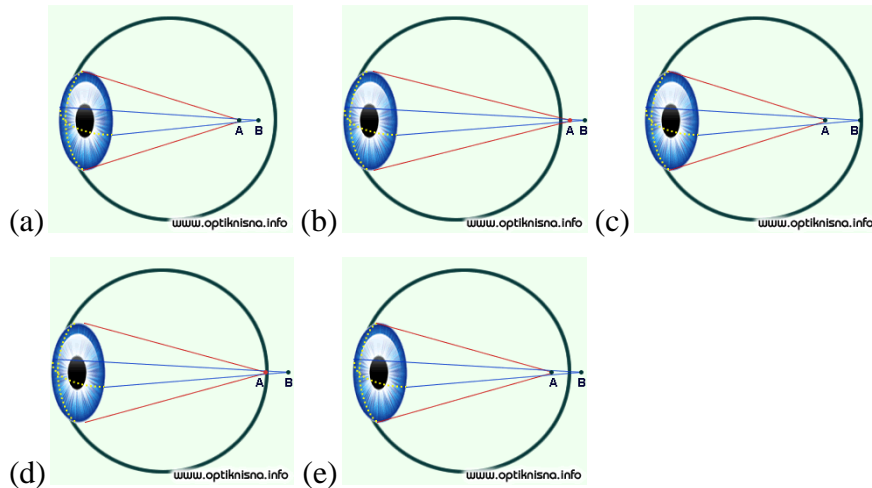
S' = titik dekat penderita

f = jarak fokus (m)

P = kuat lensa (dioptri)

c. Astigmatis

- Fokus lensa mata terganggu pada arah tertentu dan dikoreksi dengan lensa silindris
- 5 jenis astigmatisme:
 - (a) Astigmatismus myopicus simplex
 - (b) Astigmatismus hypermetropicus simplex
 - (c) Astigmatismus myopicus compositus
 - (d) Astigmatismus hypermetropicus compositus
 - (e) Astigmatismus mixtus



d. Tanggapan Warna

- Cone
Sel kerucut ini memiliki jumlah +/- 6,5 juta yang bersifat fotopik, berguna untuk mengenal warna tetapi tidak terlalu peka cahaya. Sel-sel ini terletak di fovea centralis. Sel-sel kerucut terdiri atas sel yang sensitif biru (pjs gel 400 – 500 nm) yang memiliki rentang sensitifitas pada warna ungu, biru, hijau; hijau (pjs gel 450 – 675 nm) dengan rentang sensitifitas biru, hijau, kuning, oranye, merah; dan merah (630-760 nm) yang sensitif seluruh gel cahaya (paling sensitif oranye – kemerahan)
- Rod
Jumlah sel batang +/- 120 juta, sifatnya skotopik, peka cahaya dan letaknya tidak merata. Jumlah sel batang menentukan respon adaptasi terhadap suasana gelap-terang. Saat perpindahan dari ruang gelap ke terang mata tidak terlalu

banyak masalah, karena proses penurunan kepekaan cahaya berlangsung cepat (stimulus cahaya mengakibatkan pemecahan rhodopsin sehingga konsentrasinya turun → kepekaan terhadap cahaya turun). Penyesuaian dari tempat terang ke gelap membutuhkan waktu sedikit lebih lama karena pembentukan rhodopsin berlangsung perlahan (kepekaan retina meningkat 1000-100.000 x dalam beberapa menit - 1 jam)

e. Peralatan untuk pemeriksaan mata

Pemeriksaan mata dilakukan pada bagian dalam, daya fokus dan kelengkungan kornea. Alat yang digunakan:

- Ophthalmoskop: Mengetahui fundus okuli (retina+pemb darah)
- Retinoskop: pemfokusan pd retina, resep lensa
- Keratometer: kelengkungan kornea (mis: ukur contact lens)
- Tonometer: tekanan okuler
- Pupilometer: diameter pupil
- Lensometer: kekuatan lensa

f. Cahaya

Sumber cahaya dapat natural dan artifisial yang kualitasnya dapat diukur dengan satuan tersendiri menggunakan alat fotometer.

- Fotometri (pengukuran kuat cahaya)
- Kuat cahaya (I) → Cd (Candela)
- Arus cahaya (F=Fluks) → tenaga chy/wkt → (Lumen)
- Kuat penerangan (E) → F/A → Lumen/m² (Luks)
- Terang cahaya (e) → I/A → Candela/cm² → stilb

g. Penggunaan sinar

- Sinar tampak

Transluminasi: memanfaatkan transmisi cahaya melalui jaringan tubuh (pneumothoraks, testis, payudara)

Endoskop: Ruang dlm tubuh

Sistoskop: Struktur kandung kencing

Protoskop: Struktur rektum

Bronkioskop: Bronkhus

- Sinar ultra violet untuk sterilisasi, Pembentukan vit D, Pigmentasi
- Infra merah untuk diatermi, thermogram, fotografi pupil

- Sinar biru untuk pengobatan jaundice
- LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

E. TERMODINAMIKA

Termodinamika membahas fenomena energi yang berubah-ubah karena adanya aliran panas dan usaha yang muncul atau memunculkan.

1. Panas dan Suhu

Panas merupakan suatu bentuk energi, sedangkan suhu merupakan derajat “panas” atau “dingin” tubuh. Panas dihasilkan tubuh melalui metabolisme makanan, yang digunakan untuk mempertahankan suhu tubuh dalam rentang normal.

Skala yang banyak digunakan dalam keperawatan dan bidang ilmiah yang lain untuk menilai suhu adalah Celsius. Skala Kelvin sebanding dengan Celsius namun nilai numeriknya tidak sama dengan Celsius.

Mengubah skala Kelvin menjadi Celsius: $t^{\circ}\text{C} = t^{\circ}\text{K} - 273$

Mengubah skala Celsius menjadi Kelvin: $t^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273$

Titik terendah termometer dengan skala Celsius (0°C) merupakan titik beku air murni. Titik tertinggi termometer dengan skala Celsius (100°C) merupakan titik didih air murni. Suhu 0° Kelvin merupakan suhu nol mutlak dan tidak mungkin tercapai dalam kondisi normal.

2. Suhu Tubuh

Rata-rata suhu inti tubuh, dalam keadaan normal hampir selalu sama, dalam kisaran plus atau minus 6°C . perubahan suhu seiring dengan perubahan suhu lingkungan sebenarnya terjadi pada suhu permukaan/kulit. Suhu tubuh manusia sehat yang beristirahat:

- Suhu oral $36,6^{\circ}\text{C} - 37,0^{\circ}\text{C}$
- Suhu aksila $0,6^{\circ}\text{C}$ lebih rendah dari suhu oral
- Suhu timpani $36,8^{\circ}\text{C} - 37,9^{\circ}\text{C}$ (sangat mendekati suhu inti)
- Suhu rektal $0,6^{\circ}\text{C}$ lebih tinggi dari suhu oral (lokasi pengukuran paling akurat karena paling mendekati suhu inti tubuh dan tidak rentan terpengaruh faktor eksternal).

Faktor yang mempengaruhi suhu tubuh:

- Waktu dalam sehari: titik terendah ketika tidur menjelang dini hari.
- Siklus menstruasi: penurunan suhu hingga $0,6^{\circ}\text{C}$ beberapa hari sebelum ovulasi ditambah $0,2^{\circ}\text{C}$ saat ovulasi
- Usia: anak memiliki suhu oral/timpani dan dubur lebih tinggi dari orang dewasa ($37,5^{\circ}\text{C} - 38,0^{\circ}\text{C}$), lansia memiliki suhu oral/timpani $36,3^{\circ}\text{C} - 36,4^{\circ}\text{C}$
- Pajanan suhu yang lama, demam, stress emosional, penyakit, aktivitas/olahraga

3. Pengukuran Suhu Tubuh

Lokasi pengukuran suhu tubuh antara lain mulut, aksila, dubur, telinga, esofagus, nasofaring, otot tertentu. Instrumen pengukuran suhu antara lain:

- Termometer klinis: alat yang paling banyak digunakan, paling lambat mengukur (3 menit) dan rapuh, memiliki pembatas sehingga setelah nilai suhu diperoleh akan bertahan, perlu dikibaskan untuk mengembalikan ke suhu awal sebelum digunakan lagi. Desinfeksi perlu dilakukan untuk menghindari infeksi ke pasien yang lain.
- Termistor/probe suhu: termistor mendeteksi panas dan mengubahnya menjadi aliran listrik kecil yang diubah menjadi pembacaan suhu. Penting untuk kasus-kasus yang memerlukan pembacaan yang teliti (bedah, hipotermia). Alat ini dapat dimasukkan ke nasofaring, esofagus, dubur, ujung kateter urine bahkan masuk ke kandung kemih
- Termometer elektronik digital: mencakup termometer oral, dubur, timpani, aksila. Pencatatan suhu lebih cepat (oral: 4 detik, aksila: 10 detik, dubur: 15 detik, timpani: 2 detik).

4. Produksi Panas dan Pengaturan Suhu dalam Tubuh

Panas tubuh dihasilkan dari proses metabolisme. Jumlah energi yang dihasilkan 1 gram karbohidrat = 16 kJ, 1 gram lemak = 37 kJ, 1 gram protein = 17 kJ. Manusia mempertahankan suhu tubuh melalui proses internal (fisiologis) dan perilaku. Suhu tubuh akan meningkat melalui mekanisme vasokonstriksi, stimulasi simpatis metabolisme, menggigil, merinding (piloereksi), peningkatan produksi hormon tiroid. Suhu tubuh akan turun melalui mekanisme vasodilatasi, berkeringat, produksi panas dihambat. Jika merasa dingin kita akan menggunakan banyak pakaian, menggunakan penghangat dan meningkatkan aktivitas. Jika merasa panas kita meminimalkan pakaian, menggunakan kipas angin/AC, dan minum minuman dingin.

5. Hukum termodinamika

a. Kesetimbangan Termal & Hukum Termodinamika ke-0

Jika dua buah benda dengan suhu yang berbeda diletakkan sedemikian rupa sehingga terjadi kontak, maka lama-kelamaan kedua benda akan mempunyai suhu yang sama. Kemudian dikatakan bahwa kedua benda mengalami kesetimbangan termal.

Hukum termodinamika ke-0; Jika dua buah sistem berada dalam keadaan kesetimbangan termal dengan sistem ke-3, maka kedua sistem itu berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain.

b. Hukum I Termodinamika (kekekalan)

Energi dalam sistem bersifat konservatif, perubahan energi dalam hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir.

Kalor adalah energi yang mengalir atau berpindah karena perbedaan temperatur.

Kalor masuk/keluar ini menyebabkan perubahan keadaan sistem (P, V, T dsb.)

Usaha (W) merupakan mekanisme transfer energi antara sistem & lingkungannya.

c. Hukum II Termodinamika

Kalor mengalir secara spontan dari suatu benda/zat yang berada pada temperatur yang lebih tinggi ke suatu benda/zat yang berada pada temperatur yang lebih rendah dan tidak dapat mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya.

d. Hukum III Termodinamika

Hukum ketiga termodinamika terkait dengan temperatur nol absolut. Hukum ini menyatakan bahwa pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum.

6. Kalor dan Panas

a. Kalor

Adalah Energi yang **sedang pindah** dari keadaan panas ke keadaan dingin

b. Usaha

Adalah Energi yang **sedang pindah** tanpa kaitan dengan keadaan panas atau dingin

c. Panas

Adalah tingginya suhu, temperatur

7. Perpindahan kalor

a. Asas Black

Prinsip Kekekalan Energi : Kalor yang dilepas oleh air panas sama dengan kalor yang diterima oleh air dingin

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

b. Bentuk perpindahan kalor

Perpindahan kalor mempengaruhi tindakan atau intervensi yang harus dilakukan untuk melepas panas atau menghilangkan panas dari tubuh sesuai dengan kebutuhan.

- Konduksi adalah proses perpindahan kalor tanpa disertai perpindahan partikel. Mengenakan pakaian dan selimut dalam cuaca dingin dilakukan untuk menghalangi panas keluar tubuh. Untuk mengeluarkan panas tubuh dilakukan dengan membuka pakaian, berendam dalam air dingin/hangat, kompres hangat pada pasien demam. Konduksi lokal: dingin dapat memfasilitasi pembekuan darah, memperlambat gerak cairan, menghambat peradangan pembentukan nanah dan aktivitas mikroba. Panas dapat memperlancar peredaran darah dan cairan getah bening, vasodilatasi, meredakan ketegangan otot, dan menangani hipotermia.
- Konveksi adalah proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri. Pembuangan panas dari tubuh berlangsung dengan cara panas tubuh dihantarkan menjauhi permukaan tubuh ke dalam molekul udara terdekat (saat tubuh kelebihan panas jendela dibuka dan kipas angin diputar agar panas tubuh turun)
- Radiasi adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Salah satu penerapan radiasi dalam kesehatan dapat kita lihat pada penggunaan lampu infra merah pada saat fisioterapi
- Evaporasi adalah peralihan panas dari bentuk cair menjadi uap. Evaporasi dipengaruhi oleh tekanan uap air, temperatur, kelembaban dan adanya angin.

8. Panas dalam Aplikasi Klinis

a. Efek Panas

- Fisik: Pemuaiian
- Kimia: Kecepatan reaksi, permeabilitas membran meningkat, metabolisme meningkat

- Biologis: Kombinasi fisik & kimia, peradangan, dilatasi, peningkatan tekanan kapiler
- b. Pemanfaatan Panas
- Konduksi: Kantong air panas, handuk panas, turkish bath (mandi uap), electric pads
 - Radiasi: Electric fire, Infra red
 - Elektromagnetik: Short wave diathermy, conductor technique (agitasi oleh arus bolak-balik), inductothermy (medan magnet), micro wave diathermy, gelombang radio frekuensi sangat tinggi, ultrasonik
- c. Pemanfaatan Dingin
- Kriogenik: menimbulkan efek patologis pada jaringan (Krioadhesia, Krionekrosis, Hemostasis, Anestesia)
 - Cryosurgery
 - Penyimpanan specimen/materi lain
 - Kantong es/kompres dingin

DAFTAR PUSTAKA

Brown BH, Smallwood RH, Barber DC, Lawford PV, Hose DR. (1999). *Medical Physics and Biomedical Engineering*. Bristol and Philadelphia. Institute of Physics Publishing Ltd.

Faller A., Schuenke M., Schuenke G. (2004). *The Human Body An Introduction to Structure and Function*. Stuttgart. Thieme

Flitter, H. H. (1967). *An Introduction to Physics in Nursing*: C. V. Mosby Company.

Gabriel JF. (1996). *Fisika Kedokteran*. Jakarta. EGC.

Yıldırım, N., Ulusoy, M. F., & Bodur, H. (2010). The effect of heat application on pain, stiffness, physical function and quality of life in patients with knee osteoarthritis. [Article]. *Journal of Clinical Nursing*, 19(7/8), 1113-1120. doi: 10.1111/j.1365-2702.2009.03070.x