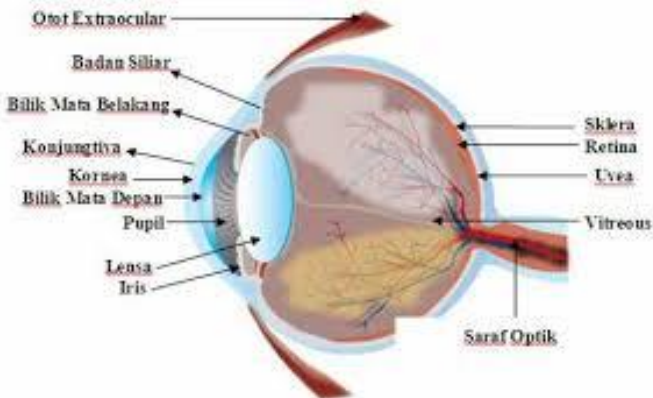


Pertemuan 5 PENGLIHATAN

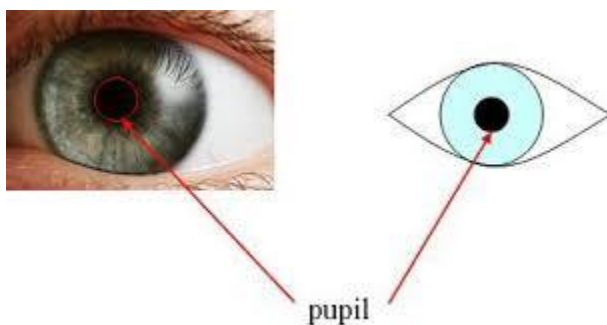
Manusia memiliki 5 + 1 indra, yaitu: penglihatan, pendengaran, penciuman, perasa, sentuhan + indra vestibular.

Indra Penglihatan

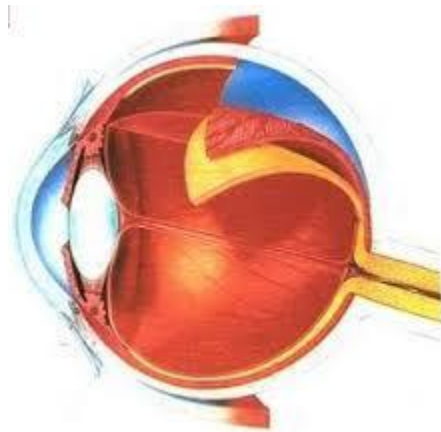


Indera penglihatan terdiri dari berbagai lapisan pada mata yaitu adanya pupil. Pupil adalah bola mata yang terletak pada bagian depan mata yang memungkinkan gelombang cahaya memasuki bagian dalam mata. Pupil dapat mengecil pada akomodasi dan konvergensi. Akomodasi adalah kemampuan otot untuk membesar dan mengecil akibat kontraksi otot siliaris. Sedangkan konvergensi adalah sumbu penglihatan dan kontraksi pupil bila seseorang melihat benda yang dekat. Bola mata membesar dan mengecil akibat gerakan otot yang disebut iris. Pupil dikelilingi oleh iris. Iris adalah lingkaran otot yang mengelilingi pupil dan berfungsi untuk mengontrol sejumlah cahaya yang masuk ke mata.

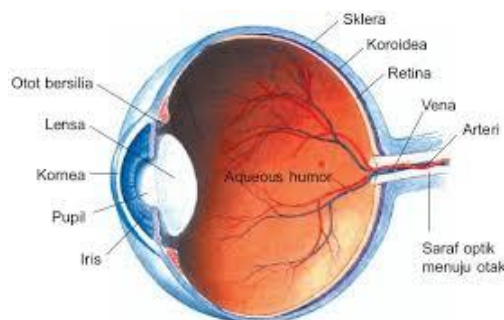
Pada pupil kita bisa melakukan uji coba Reaksi Pupil dengan tujuan percobaan yang pertama untuk memahami dan mengetahui reaksi – reaksi yang terjadi pada pupil mata.



Dengan menggunakan alat yaitu Cermin, senter, sedotan 15mm. Ada tiga percobaan (tes) yang akan kita lakukan, yang pertama dengan secara langsung tanpa dihalangi oleh apapun cahaya di arahkan ke mata lalu melihat apa yang terjadi pada pupil mata, yang kedua dengan cara memasukkan cahaya melalui lubang sedotan dan pastikan cahaya benar – benar melalui sedotan lalu arahkan cahaya tersebut ke pupil mata dan lihat hasil reaksi yang terjadi, yang terakhir dengan pantulan cahaya dari cermin yang di arahkan ke mata kita dan lihat yang terjadi pada mata. Dari tiga hasil percobaan tersebut lihat pula mata yang tidak terkena cahaya dan bandingkan keduanya. Hasil nya pun akan ada tiga pula, yang pertama mata yang terkena cahaya secara tiba – tiba pupil akan mengecil cepat dan iris mendekat cepat, mata yang tidak terkena cahaya tiba – tiba, pupil mengecil secara lambat yang kedua iris mendekat secara lambat. Yang kedua pupil mata tergantung iris (semacam objek kecil) iris mempunyai 2 sifat : mendekati jika cahaya terlalu terang, menjauh ketika cahaya masuk terlalu redup. Dan yang terakhir jika mata tidak terkena cahaya, pupil mengecil secara langsung, namun jika siap terkena cahaya pupil mengecil perlahan. Kesimpulannya dalam percobaan reaksi pupil adalah pupil akan mengecil secara tiba – tiba dan pupil akan mengecil secara perlahan apabila terkena cahaya secara tidak langsung ini dipengaruhi oleh otot iris.



Di dalam indera penglihatan terdapat peristiwa Entropis, yaitu peristiwa bergerak nya aliran pembuluh darah arteri/ vena ke retina



Sumber: Biology, Raven dan Johnson

Eritrosit adalah cakram bikonkaf dengan diameter sekitar 8,6 μm bikonkavitas memungkinkan gerakan oksigen masuk dan keluar sel dengan cepat, dengan adanya jarak yang pendek antara membrane dan isi sel. sel darah merah tidak memiliki nucleus, eritrosit terdiri dari : membrane luar, hemoglobin dan karbon antitransferase. Sedangkan retina adalah lapisan saraf pada mata yang terdiri atas lapisan serabut, yaitu sel – sel saraf sejumlah batang – batang dan kerucut pada biji mata terdapat bilik posterior terletak diantara iris dan lensa. Baik bilik anterior maupun bilik posterior diisi dengan akues humor yaitu cairan ini berasal dari korpus siliare dan diserap kembali kedalam aliran darah pada sudut anterolateralis dan kornea melalui vena halus yang dikenal sebagai saluran schlemm. Retina mempunyai 3 lapisan sel (lapisan depan, tengah, dan belakang).lapisan belakang berisi 2 macam penerima foto yang melalui proses transduksi dengan mengubah gelombang cahaya menjadi sinyal elektrik. Impuls – impuls syaraf yang dihasilkan dalam sel ganglion keluar dari belakang mata melalui syaraf optic membawa impuls – impuls tersebut ke arah otak.

Kita juga bisa melakukan ujia praktek dengan tujuan untuk melihat bahwa pada mata terdapat eritrosit yang berjalan sepanjang pembuluh darah arteri atau vena. Dan alat yang di gunakan senter, kaca reben atau kaca hitam. Jalan nya percobaan adalah dengan secara langsung dan dengan di batasi oleh kaca hitam. Tes yang pertama secara langsung dengan arahkan cahaya ke biji mata teman anda secara samping terlebih dahulu arahkan mata teman anda untuk melihat samping atas dan arahkan cahaya tersebut ke samping bola mata lalu lihat lah aliran darah pada retina apakah ada eritrosit yang berjalan dan kemudian dalam tes yang kedua juga seperti itu namun cahaya terlebih dahulu di batasi oleh kaca hitam dan lihat hasil rekasi yang terjadi dan bandingkan sebelum dan sesudah terkena cahaya dan Hasil nya adalah dalam dua percobaan. Jika pratikan melirik arah kiri dan dari arah kanan matanya diberi cahaya senter dan sebaliknya maka pada retina akan terlihat pembuluh arteri (pembuluh darah yang membawa darah dari jantung ke seluruh tubuh disebut pembuluh nadi). Kesimpulan dari percobaan ini adalah aliran darah eritrosit yang mengalir di biji mata akan membawa hemoglobin dan oksigen yang di butuhkan oleh otak dan retina selain fungsi tersebut juga sebagai penopang biji mata. Pembuluh darah arteri terlihat tebal, dan aliran darah pada pembuluh darah arteri pun lebih cepat Itu alasan mengapa saat diberi sorotan cahaya pembuluh darah arteri lebih terlihat merah.

Stimulus

Mata mendeteksi keberadaan sinar. Bagi manusia, sinar adalah pita sempit spektrum radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik dengan Panjang gelombang antara 380 dan 760 nm (1 nm = seper-semiliar meter) terlihat oleh manusia.

Warna sinar yang kita persepsi ditentukan oleh tiga dimensi :

1. Hue

Sinar bergerak dengan kecepatan konstan kira-kira 300.000 kilometer (186.000 mil) per detik. Dengan demikian bila frekuensi osilasi gelombang berbeda-beda, jarak antara puncak-puncak gelombang juga akan berbeda-beda, tetapi berbanding terbalik.

Osilasi yang lebih lambat menghasilkan panjang gelombang yang lebih panjang, sementara yang lebih cepat menghasilkan gelombang yang lebih pendek.

Panjang gelombang menentukan yang pertama dari ketiga dimensi perseptual sinar.

2. Saturasi
Mengacu pada kemurnian relatif sinar yang sedang dipersepsi.
3. Kecerahan
Sinar juga dapat bervariasi intensitasnya, yang berkesesuaian dengan dimensi perseptual kedua sinar.

Anatomi Sistem Visual

Agar seseorang dapat melihat, citra harus terfokus pada retinanya, lapisan dalam mata. Citra ini menyebabkan perubahan aktivitas listrik jutaan neuron di retina, yang menyebabkan pesan-pesan dikirimkan melalui saraf optik ke bagian otak yang lain (retina dan saraf optik merupakan bagian dari sistem saraf pusat, bukan tepi).

Mata

Mata tertanam dalam orbit, kantong-kantong tulang di bagian depan tengkorak. Mata ditahan dan digerakkan oleh enam otot ekstraokular yang melekat ke lapisan luar mata yang putih dan kukuh, disebut *sklera*. Kita tidak dapat melihat ke balik bola mata dan melihat otot-otot mata karena bagian yang melekat dengan mata tersembunyi oleh konjungtiva.

Mata membuat tiga tipe gerakan:

1. Gerak vergensi, adalah gerak kerja sama yang menjaga kedua mata tetap terpaku pada sasaran yang sama-atau, lebih tepatnya, yang menjaga citra objek sasaran pada bagian-bagian yang berkesesuaian di kedua retina.
2. Gerak sakadik (Saccade, kata Perancis “tersentak”) yang tersentak-sentak, adalah memindahkan pandangan mata secara mendadak dari satu titik ke titik yang lain.
3. Gerak mengejar (pursuit movement), gerakan yang dilakukan mata untuk mempertahankan citra benda bergerak pada fovea.

Perubahan ketebalan lensa mata, dilakukan oleh otot-otot silairis, yang memfokuskan citra dari benda dekat atau jauh pada retina disebut **akomodasi**.

Retina, jaringan saraf dan sel retina yang terletak pada permukaan dalam bagian belakang mata yang terdapat sel-sel reseptor:

1. **Sel batang**, salah satu jenis sel reseptor di retina, peka terhadap sinar berintensitas rendah.
2. **Sel kerucut**, salah satu jenis sel reseptor di retina, peka maksimal terhadap satu dari tiga panjang gelombang sinar berbeda dan karenanya mengkodekan penglihatan warna.
3. **Fotoreseptor**, salah satu sel reseptor retina, mentransduksi energi sinar menjadi potensial listrik.

Letak dan Respons Khas Fotoreseptor	
Sel Kerucut	Sel Batang
Paling banyak di retina tengah; ditemukan di fovea	Paling banyak di retina tepi; tidak ditemukan di fovea
Peka terhadap kadar sinar menengah dan tinggi	Peka terhadap kadar sinar rendah
Menyediakan informasi mengenai hue	Menyediakan hanya informasi monokromatik
Menyediakan akuitas yang amat tinggi	Menyediakan akuitas rendah

Fovea, bagian tengah retina, yang memediasi sebagian besar penglihatan akut, hanya mengandung sel kerucut.

Cakram optik, dimana akson-akson yang membawa informasi visual berkumpul dan meninggalkan mata melalui saraf optik.

Fotoreseptor

Fotoreseptor terdiri atas segmen luar yang dihubungkan oleh satu silia ke segmen dalam, yang mengandung nukleus. Segmen luar mengandung beberapa ratus **lamela**, atau lempengan-lempengan tipis membran.

Transduksi informasi visual melibatkan zat kimia khusus yang disebut **fotopigmen**. Fotopigmen adalah molekul khusus yang tertanam dalam membran lamela, molekul yang terdiri atas opsin (protein) dan retinal (lipid).

Terdapat beberapa bentuk opsin, misalnya fotopigmen sel batang manusia, rodopsin, terdiri atas rod opsin plus retinal. Sewaktu terpapar sinar, molekul rodopsin pecah menjadi dua komponen : rod opsin dan retinal.

Sambungan antara Mata dan Otak

Akson sel-sel ganglion retina membawa informasi ke bagian otak yang lain. Akson-akson tersebut merambat naik melalui saraf optic dan mencapai **nukleus genikulata lateral (lateral geniculate nukleus, LGN) dorsal** di talamus. Terdapat enam lapisan neuron didalamnya, kedua lapisan dalam disebut **lapisan magnoselular** (dua lapisan terdalam neuron di nukleus genikulata lateral dorsal; meneruskan informasi yang dibutuhkan untuk persepsi bentuk, gerakan, kedalaman, dan perbedaan-perbedaan kecil kecerahan ke korteks visual primer), keempat lapisan yang lebih luar disebut **lapisan parvoselular** (empat lapisan terluar neuron di nukleus genikulata lateral dorsal; meneruskan informasi yang dibutuhkan untuk persepsi warna dan perincian halus ke korteks visual primer).

Perangkat neuron ketiga dalam **sub-lapisan konioselular** ditemukan pada posisi ventral terhadap masing-masing lapisan magnoselular dan parvoselular; meneruskan informasi dari sel kerucut gelombang-pendek (biru) ke korteks visual primer.

Neuron-neuron di LGN menjulurkan akson melalui jalur yang dikenal sebagai radiasi optik ke korteks visual primer – wilayah yang mengelilingi **fisura kalkarin**, fisura

horizontal yang terletak di lobus oksipital posterior dan medial. Korteks visual primer kerap disebut **korteks striata** karena mengandung lapisan sel-sel berwarna gelap (striasi).

Kiasma optik, sambungan berbentuk-silang antara serat-serat optik, terletak di bawah dasar otak, tepat anterior terhadap kelenjar pituitary.

Pengkodean Informasi Visual di Retina

Penjabaran tentang cara sel-sel retina mengodekan informasi yang mereka terima dari fotoreseptor.

Pengkodean Terang dan Gelap

Salah satu metode paling penting untuk mempelajari fisiologi system visual adalah penggunaan mikroelektroda untuk mencatat aktivitas listrik neuron-neuron tunggal.

Medan reseptif, bagian medan visual dimana penyajian stimulus visual akan menghasilkan perubahan laju penembakan neuron tertentu, ciri-cirinya:

1. Kedua kategori utama sel-sel ganglion (ON dan OFF) dan tatanan medan-medan reseptif menjadi center dan surround yang berlawanan, memberikan informasi bermanfaat ke bagian-bagian lain system visual. Sel-sel ON memberikan sinyal peningkatan, sementara sel-sel OFF memberikansinyal penurunan, tetapi sinyal keduanya itu berupa peningkatan laju penembakan.
2. Ciri kedua medan reseptif sel ganglion-tatanan center-surround mereka-meningkatkan kemampuan mendeteksi garis tepi benda meskipun ketika kontras antara benda dan latar belakangnya rendah.

Pengkodean Warna

Retina manusia dan banyak spesies primata bukan-manusia mengandung tiga jenis sel kerucut yang berbeda, yang memberi kemampuan penglihatan warna yang paling rumit.

Pencampuran warna

Pencampuran warna berbeda dari pencampuran pigmen. Pencampuran warna mengacu kepada penjumlahan dua atau lebih sumber sinar.

Fotoreseptor: Pengkodean Trikromatik

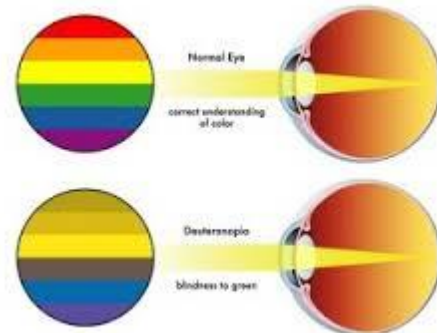
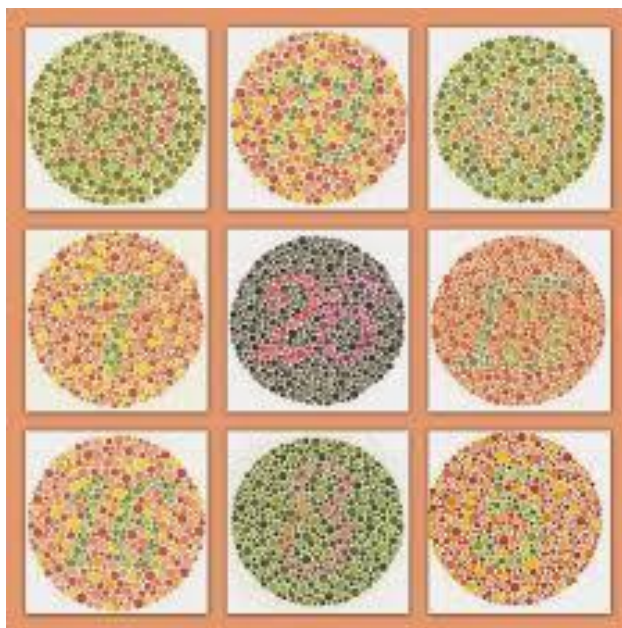
Ada tiga tipe fotoreseptor berbeda (tiga jenis sel kerucut berbeda) yang bertanggungjawab atas penglihatan warna. Kepekaan puncak ketiga jenis sel kerucut adalah kira-kira 420 nm (biru-violet), 530 nm (hijau), dan 560 nm (kuning-hijau). Kepekaan puncak sel kerucut gelombang pendek sebenarnya 440 nm pada mata yang utuh karena lensa menyerap sebagian sinar bergelombang pendek. Sel kerucut gelombang pendek disebut sel kerucut “biru”, yang sedang “hijau”, yang panjang “merah”.

Cacat genetik pada penglihatan warna diakibatkan oleh anomali pada satu atau lebih dari ketiga jenis sel kerucut. Dua jenis pertama cacat penglihatan warna melibatkan gen-gen pada kromosom X, karena pria hanya memiliki satu kromosom X, pria lebih mungkin terkena kelainan ini.

Penderita cacat genetik pada penglihatan warna:

1. **Protanopia** ('cacat warna-pertama') tidak dapat membedakan merah dan hijau, sel-sel kerucut 'merah' terisi opsin sel-sel kerucut 'hijau'.
2. **Deuteranopia** ('cacat warna-kedua'), juga tidak dapat membedakan merah dan hijau serta juga memiliki akuitas visual normal, sel-sel kerucut 'hijau' terisi opsin sel-sel kerucut 'merah'.
3. **Tritanopia** ('cacat warna-ketiga') jarang ditemui, penderita ini sulit membedakan hue bergelombang pendek dan melihat dunia dalam warna hijau dan merah, tidak memiliki sel kerucut 'biru' di dalam retina. Kelainan ini melibatkan sebuah gen keliru yang tidak terletak pada kromosom X, sehingga ditemukan jumlah seimbang antara penderita laki-laki dan perempuan.

Apabila tidak memiliki ketiga jenis sel kerucut akan terjadi **Buta Warna monokromat** yaitu buta warna total, dunia mereka kelihatan dalam gerakan hitam dan putih



Sel-sel Ganglion Retina: Pengkodean Proses-Bertentangan

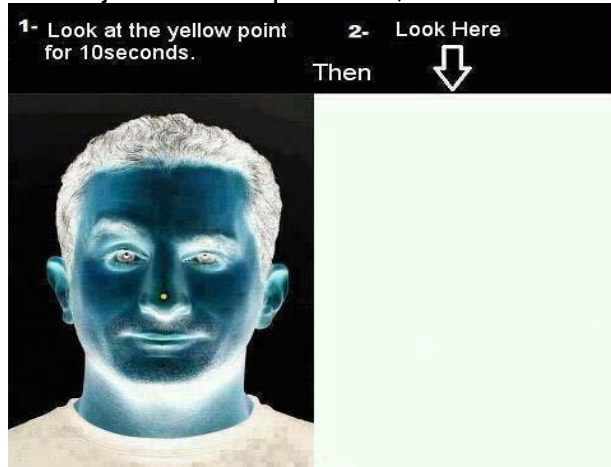
Pada tingkat sel ganglion retina, kode tiga-warna diterjemahkan menjadi sistem warna-bertentangan. Daw dan Gouras (1968) menemukan bahwa neuron-neuron ini merespons secara spesifik terhadap pasangan warna-warna primer dengan merah bertentangan dengan hijau, sementara biru bertentangan dengan kuning. Dengan demikian, retina mengandung dua jenis sel ganglion peka-warna: merah-hijau dan kuning-biru. Sejumlah sel ganglion peka-warna memberikan respons secara center-surround.

Ciri-ciri respons sel-sel ganglion retina terhadap sinar berpanjang gelombang berbeda-beda jelas ditentukan oleh sirkuit-sirkuit yang menghubungkan ketiga jenis sel kerucut

dengan kedua jenis sel ganglion. Sirkuit-sirkuit ini melibatkan jenis-jenis berbeda sel-sel bipolar, amakrin, dan horizontal.

Adaptasi : Citra-Lanjutan Negatif

Citra-lanjutan negatif adalah adaptasi lanjut penembakan sel-sel ganglion retina. Ketika sel-sel ganglion terangsang atau terhambat untuk waktu yang lama, mereka nantinya menunjukkan efek pantulan, menembak lebih cepat atau lambat daripada normal.



Analisis Informasi Visual : Peran Korteks Striata

Sel-sel ganglion retina mengodekan informasi mengenai jumlah relatif sinar yang jatuh pada wilayah-wilayah center dan surround medan reseptif. Korteks striata melakukan pengolahan tambahan dan diteruskan ke korteks asosiasi visual.

Anatomi Korteks Striata

Korteks striata terdiri atas enam lapisan utama (dan beberapa sub lapisan), yang tersusun dalam pita-pita yang paralel dengan permukaan. Lapisan-lapisan ini mengandung nukleus badan sel dan pohon dendrit yang tampak sebagai pita terang atau gelap pada irisan-irisan jaringan yang telah diwarnai dengan pewarna badan sel.

Orientasi dan Pergerakan

Sejumlah neuron peka-orientasi memiliki medan reseptif yang terorganisasi secara berlawanan, yang disebut dengan **sel-sel sederhana**.

Sel kompleks, neuron di korteks visual yang merespon terhadap keberadaan segmen garis dengan orientasi tertentu yang terletak di dalam medan reseptifnya, terutama bila garis itu bergerak secara tegak lurus terhadap orientasinya.

Sel hiperkompleks, neuron di korteks visual yang merespon terhadap keberadaan segmen garis dengan orientasi tertentu yang berujung pada titik tertentu di dalam medan reseptif sel.

Frekuensi Spasial

Kisi-kisi gelombang-persegi terdiri atas seperangkat pita persegi sederhana yang berbeda-beda kecerahannya; kecerahan di sepanjang sebuah garis yang tegak lurus dengan mereka akan berbeda-beda secara bertingkat-tingkat (gelombang persegi).

Kisi-kisi gelombang sinus, serangkaian pita paralel lurus yang kecerahannya bervariasi secara tak putus seturut fungsi gelombang-sinus, disepanjang garis yang tegak lurus terhadap sumbu panjang mereka.

Frekuensi spasial, kisi-kisi gelombang sinus adalah variasi kecerahannya yang diukur dalam siklus per derajat sudut visual.

Disparitas Retina

Disparitas retina, fakta bahwa titik-titik pada objek-objek yang terletak pada jarak berbeda-beda dari pengamat akan jatuh pada lokasi yang sedikit berbeda di kedua retina ; menyediakan dasar stereopsis.

Warna

Pada korteks striata, informasi dari sel-sel ganglion peka-warna diteruskan, melalui lapisan-lapisan parvoselular dan konioselular di LGN, ke sel-sel khusus yang dikelompokkan ke dalam **bercak oksidase sitokrom (CO, cytochrome oxidase blob)**. **CO** adalah sejenis pewarna untuk oksidase sitokrom, sejenis enzim yang ada di mitokondria, menunjukkan persebaran yang tidak merata. Keberadaan oksidase sitokrom berkadar tinggi dalam suatu sel mengindikasikan bahwa sel itu normalnya memiliki laju metabolisme yang tinggi.

Neuron-neuron di korteks striata merespons beberapa fitur berbeda dari stimulus visual, antara lain orientasi, gerakan, frekuensi spasial, disparitas retina, dan warna.

Organisasi Modular Korteks Striata

Korteks striata terbagi-bagi menjadi kira-kira 2.500 modul, masing-masing berukuran kira-kira 0,5 x 0,7 mm dan mengandung kira-kira 150.000 neuron.

Neuron-neuron dalam setiap modul dikhususkan untuk menganalisis berbagai ciri yang terkandung dalam satu bagian sangat kecil medan visual. Modul-modul ini secara kolektif menerima informasi dari seluruh medan penglihatan, dengan masing-masing modul berperan seperti ubin-ubin dalam hiasan mosaik.

Modul-modul itu terdiri atas dua segmen, masing-masing mengelilingi satu bercak CO. Neuron-neuron yang terletak didalam bercak-bercak itu memiliki fungsi khusus:

1. Sebagian besar peka terhadap warna
2. Semuanya peka terhadap frekuensi spasial rendah

Neuron-neuron itu relatif tidak peka terhadap fitur-fitur visual lain, mereka tidak merespons secara selektif terhadap orientasi berbeda dan memiliki medan reseptif yang relatif luas, yang berarti mereka tidak memberikan informasi yang berguna untuk persepsi bentuk. Medan reseptif neuron-neuron itu monokular, alias menerima informasi visual dari satu mata saja.

Pada bagian luar bercak CO, neuron-neuron menunjukkan kepekaan terhadap orientasi, gerakan, frekuensi spasial, dan disparitas binokular, tetapi sebagian besar tidak merespons terhadap warna.

Masing-masing bagian modul menerima masukan dari satu mata saja, tetapi sirkuit didalam modul menggabungkan informasi dari kedua mata, yang berarti sebagian besar neuron bersifat binokular. Bergantung kepada lokasi di dalam modul, neuron menerima persentasi masukan yang berbeda-beda dari masing-masing mata.

Sebagai tambahan, semuanya akan memiliki **dominansi okular**, besarnya masukan yang diterima neuron tertentu dari satu mata dibandingkan mata yang lain.

Analisis Informasi Visual : Peran Korteks Asosiasi Visual

Persepsi objek dan totalitas pemandangan visual tidak berlangsung di korteks striata. Masing-masing dari ribuan modul di korteks striata hanya melihat apa yang terjadi di bagian mungil medan visual itu.

Penggabungan modul-modul individual agar dapat memersepsikan objek dan pemandangan visual secara utuh terjadi di **korteks asosiasi visual**.

Dua Aliran Analisis Visual

Informasi visual yang diterima dari korteks striata dianalisis di korteks asosiasi visual. Neuron-neuron di korteks striata menjulurkan akson ke **korteks ekstrastriata**, wilayah korteks asosiasi visual yang mengelilingi korteks striata ;menerima serat dari korteks striata dan dari kolikulus superior serta memproyeksikannya ke korteks temporal inferior. Korteks asosiasi visual mengandung dua aliran analisis:

1. Aliran dorsal, dimulai dengan neuron-neuron di belang-belang tebal area V2 dan naik ke wilayah-wilayah **korteks parietal posterior**.
2. Aliran Ventral, diawali dengan neuron-neuron di belang-belang pucat dan tipis area V2, berlanjut terus ke area V4, dan kemudian menjulur ke berbagai sub-area **korteks temporal inferior**.

Sejumlah akson menyampaikan informasi yang diterima dari area V2 yang memotong alur system magnoselular: Akson-akson itu menjulur dari area V1 langsung ke area V5 (disebut juga area MT):

Aliran dorsal	Aliran ventral
<ul style="list-style-type: none"> - Yang dikhususkan untuk analisis gerakan. - Mengenali dimana objek itu terletak dan, bila bergerak, kecepatan serta arah gerakannya 	Mengenali apa objek itu dan apa warnanya
Fungsi perilaku utama aliran dorsal adalah menyediakan informasi visual yang memandu navigasi dan gerakan trampil yang diarahkan menuju objek	Aliran ventral menyediakan informasi visual mengenai ukuran, bentuk, warna, dan tekstur objek (termasuk, seperti yang akan kita lihat, orang-orang lain)
Aliran dorsal terutama menerima masukan magnoselular	Aliran ventral menerima masukan yang kira-kira setara dari sistem magnoselular dan sistem parvoselular/konioselular
Neuron-neuron peka-disparitas yang ditemukan di aliran dorsal, yang terlibat dalam persepsi spasial, merespons terhadap permukaan visual yang luas dan memanjang, sementara yang ditemukan di aliran ventral, yang terlibat dalam persepsi objek, merespons terhadap kontur objek-objek berdimensi tiga	Banyak neuron yang tersebar merata di nyaris semua wilayah korteks visual memberikan respons terhadap disparitas, binokular yang, seperti kita lihat sebelumnya, berperan sebagai dasar persepsi ke kedalaman stereoskopik

Persepsi Warna

Neuron-neuron di dalam bercak-bercak CO di korteks Striata merespons secara berbeda terhadap warna. Seperti sel-sel ganglion di retina (dan neuron-neuron parvoselular dan konioselular di nukleus genikulata lateral dorsal), neuron ini

memberikan respons secara berlawanan. Informasi ini dianalisis oleh wilayah-wilayah korteks asosiasi visual yang menyusun aliran ventral.

Penelitian Dengan Hewan Laboratorium

Pada otak monyet, neuron-neuron peka-warna di bercak-bercak CO korteks striata mengirimkan info terkait-warna ke belang-belang tipis di area V2. Neuron-neuron di V2 mengirimkan informasi ke wilayah bersebelahan di korteks ekstrasriata yang disebut V4. Schein dan Desimone (1990) mendapati area V4 tampaknya terlibat dalam analisis bentuk maupun warna.

Kekonstanan warna, penampakan relative konstan dari warna-warna objek yang dilihat di dalam kondisi pencahayaan yang berbeda-beda.

Heywood, Gaffan, dan Cowey (1995), sebagian korteks temporal inferior yang letaknya tepat anterior terhadap area V4, wilayah otak monyet yang biasanya disebut sebagai area TEO memainkan peran teramat penting dalam pembedaan visual.

Penelitian dengan manusia

Lesi di wilayah terbatas pada korteks ekstrasriata manusia dapat menyebabkan hilangnya penglihatan warna tanpa ada gangguan terhadap akuitas visual. Pasien-pasien menjabarkan penglihatan mereka menyerupai film hitam putih. Mereka tidak dapat membayangkan warna atau mengingat warna-warna objek yang mereka lihat sebelum kerusakan otak terjadi. Kondisi ini dikenal sebagai **akromatopsia serebrum** ('penglihatan tanpa warna'). Bila kerusakan otak bersifat unilateral, orang akan kehilangan penglihatan warna pada separuh medan visualnya saja.

Persepsi Bentuk

Analisis informasi visual yang mengarah kepada persepsi bentuk dimulai dengan neuron-neuron di korteks striata yang peka terhadap orientasi dan frekuensi spasial. Neuron-neuron ini mengirimkan informasi ke area V2 dan kemudian ke subbagian-subbagian di korteks asosiasi visual yang menyusun aliran ventral.

Penelitian Dengan Hewan Laboratorium

Pada primata, pengenalan pola-pola visual dan identifikasi objek-objek tertentu berlangsung di korteks temporal inferior, yang terletak di bagian ventral lobus temporal. Wilayah korteks asosiasi visual ini terletak di ujung aliran ventral. Pada bagian inilah, analisis bentuk dan warna digabungkan, dan persepsi objek-objek berdimensi tiga dan latar tercapai. Korteks temporal inferior terdiri atas dua wilayah utama; area posterior (TEO) dan area anterior (TE). Kerusakan ke wilayah-wilayah ini menyebabkan gangguan parah dalam perbedaan visual (Mishkin, 1996, Gross, 1973, Dean, 1976).

Penelitian Dengan Manusia

Penelitian terhadap orang-orang yang menderita kerusakan otak di korteks asosiasi visual telah memberi kita banyak informasi mengenai organisasi sistem visual manusia.

Agnosia Visual

Kerusakan terhadap korteks asosiasi visual manusia dapat menyebabkan kategori gangguan yang dikenal sebagai **agnosia visual**. Agnosia ('kegagalan mengetahui') mengacu kepada ketidakmampuan memersepsikan atau mengidentifikasi stimulus melalui modalitas indrawi tertentu, meskipun perincian-perinciannya dapat dideteksi melalui modalitas tersebut dan penderita memiliki kapasitas intelektual relatif normal.

Analisis terhadap kategori-kategori Spesifik Stimulus Visual. Agnosia visual disebabkan oleh kerusakan bagian-bagian korteks asosiasi visual yang bersumbangsih kepada aliran ventral. Kerusakan pada wilayah ini dapat merusak kemampuan

mengenali kategori-kategori spesifik stimulus visual. Wilayah yang relatif luas di aliran ventral pada korteks asosiasi visual, **kompleks oksipital lateral (lateral occipital complex, LOC)**, tampaknya merespons terhadap beraneka ragam objek dan bentuk. Penderita stroke yang merusak korteks oksipitotemporal medial, termasuk girus fusiformis dan lingual, secara bilateral. Aliran ventral rusak parah, tetapi aliran dorsal utuh. Pasien tidak mampu mengenali objek atau wajah dan tidak lagi mampu membaca. Ia tidak dapat mengenali bentuk atau orientasi stimulus visual. Kemampuannya menggapai dan mengangkat objek tidak hilang, dan bila ia tahu terlebih dahulu benda apa itu, ia dapat memegangnya dengan benar.

Gejala umum agnosia visual adalah **prosopagnosia**, ketidakmampuan mengenali wajah-wajah tertentu (prosopon adalah bahasa Yunani untuk 'wajah').

Penelitian terhadap penderita kerusakan-otak dan pencitraan-fungsional menunjukkan bahwa tampaknya sirkuit-sirkuit khusus pengenalan-wajah ini ditemukan di **area wajah fusiformis (fusiform face area, FFA)** yang terletak di girus fusiformis pada dasar lobus temporal.

Wilayah di aliran ventral adalah **area tubuh ekstrasriata (extrastriate body area, EBA)**, yang terletak tepat posterior terhadap FFA dan bertumpang tindih sebagian dengannya (Satu wilayah di korteks asosiasi visual yang terletak di korteks oksipitotemporal lateral; terlibat dalam persepsi tubuh dan bagian tubuh manusia selain wajah).

Area tempat parahipokampus (parahippocampal place area, PPA), yang terletak di salah satu wilayah korteks limbik yang berbatasan dengan lobus temporal ventromedial, yang diaktivasi oleh terlihatnya pemandangan dan latar belakang.

Apakah wajah istimewa? Kemampuan mengenali wajah melalui penglihatan bergantung pada satu wilayah spesifik di girus fusiformis. Sirkuit-sirkuit pengenalan-wajah berkembang sebagai akibat pengalaman kita melihat wajah orang.

Terdapat tiga cara dasar kita dapat mengenali wajah: perbedaan fitur (misalnya, ukuran dan bentuk mata, hidung, dan mulut), perbedaan kontur (keseluruhan bentuk wajah), dan perbedaan konfigurasi fitur (misalnya, jarak mata, hidung, dan mulut). Perbedaan-perbedaan konfigurasi adalah yang paling sulit dideteksi, dan orang-orang yang tidak dapat melihat jelas sewaktu lahir menunjukkan cacat pengenalan konfigurasi.

Pengidap autisme menunjukkan cacat dalam kemampuan mengenali wajah dan bahwa mengamati wajah gagal mengaktivasi girus fusiformis.

Sindroma Williams adalah kondisi genetik yang disebabkan oleh sebuah mutasi pada Kromosom 7. Para pengidap sindroma ini biasanya menunjukkan kekurangan intelektual, tetapi mereka sering kali menunjukkan minat besar terhadap musik. Mereka umumnya sangat senang bergaul, memukau, dan ramah, sangat berminat terhadap orang lain dan lebih sering menatap wajah orang lain lekat-lekat. Mereka umumnya dapat lebih baik mengenali wajah daripada orang-orang yang tidak mengidap sindroma tersebut. Sebuah penelitian pencitraan fungsional oleh Golarai et al. (2010) menemukan bahwa area wajah fusiformis pada penderita sindroma Williams lebih besar daripada normal, dan bahwa ukuran FFA berkorelasi positif dengan kemampuan orang mengenali wajah.

Persepsi Pergerakan

Tanpa kemampuan memersepsi arah dan kecepatan pergerakan benda, kita tidak akan dapat memperkirakan dimana benda akan berada. Kita tidak akan mampu menangkap benda (atau menghindarinya).

Penelitian Dengan Hewan Laboratorium

Salah satu wilayah korteks ekstrasriata – area V5, dikenal juga sebagai area MT (medial temporal-mengandung neuron-neuron yang merespons pergerakan. Kerusakan wilayah ini sangat mengacaukan kemampuan monyet memersepsi stimulus yang bergerak. Area V5 menerima masukan langsung dari korteks striata dan dari beberapa wilayah korteks ekstrasriata. Area tersebut juga menerima masukan dari kolikulus superior, yang terlibat dalam refleksi visual, termasuk control refleksi gerak mata.

Rodman, Gross, dan Albright (1989, 1990) menemukan bahwa hancurnya korteks striata atau kolikulus superior saja tidak melenyapkan kepekaan terhadap gerak yang dimiliki neuron-neuron V5, tetapi bila dua-duanya dihancurkan, kepekaan itu pun lenyap. Peran yang dimainkan oleh kedua sumber masukan ini belum diketahui. Seagraves et al. (1987), menemukan bahwa monyet masih dapat mendeteksi pergerakan setelah lesi korteks striata, tetapi kesulitan memperkirakan lajunya.

Sebuah wilayah yang bersebelahan dengan area V5, area MST (medial superior temporal), menerima informasi mengenai pergerakan dari V5 dan melakukan analisis lebih lanjut. Neuron-neuron MST merespons terhadap pola-pola kompleks pergerakan, termasuk gerak radial, sirkular, dan spiral (lihat Vaina, 1988). Satu fungsi penting wilayah ini, terutama MST dorsolateral atau MSTd, tampaknya adalah analisis **aliran optik (optic flow)**, perpindahan kompleks titik-titik di medan visual yang disebabkan oleh gerakan relatif antara pengamat dan lingkungan; menyediakan informasi mengenai jarak relatif benda-benda dari pengamat dan arah relatif pergerakan.

Titik kemana kita menuju tidak bergerak, tetapi semua titik lain pada pemandangan visual bergerak menjauhinya, titik ini disebut *pusat ekspansi*.

Penelitian Dengan Manusia

Persepsi Pergerakan. Penelitian-penelitian terakhir pencitraan-fungsional menunjukkan bahwa area peka-pergerakan V5 (MT/MST) terletak di korteks oksipital lateral, diantara sulkus oksipital lateral dan inferior (Annese, Gazzaniga, dan Toga, 2005).

Kerusakan bilateral terhadap otak manusia yang mencakup area V5 menghasilkan ketidakmampuan memersepsi pergerakan-**akinetopsia**.

Aliran Optik. Sebuah penelitian pencitraan-fungsional oleh Peuskens et al. (2001) menemukan bahwa area MT/MST menjadi aktif ketika orang-orang menilai arah yang sedang mereka tuju seraya mengamati tampilan yang menunjukkan aliran optik.

Vaina dan kolega-koleganya (Jornales et al., 1997 ; Vaina, 1998) menemukan bahwa penderita lesi yang mencakup wilayah ini mampu memersepsi pergerakan, tetapi tidak dapat memersepsi arah yang dituju dari aliran optik.

Bentuk dari Pergerakan. Persepsi gerakan bahkan dapat membantu kita memersepsi bentuk-bentuk berdimensi tiga-fenomena yang dikenal sebagai *bentuk dari pergerakan*.

Pergerakan Biologis. Para peneliti mendapati bahwa pergerakan bagian-bagian tubuh berbeda mengaktivasi lokasi berbeda-beda yang letaknya tepat anterior terhadap EBA.

Kompensasi Gerakan Mata.

Haarmeier et al. (1997) melaporkan kasus seorang pasien dengan kerusakan korteks ekstrasriata bilateral yang tidak dapat mengkompensasi pergerakan citra yang disebabkan oleh gerak kepala dan mata. Sewaktu pasien menggerakkan matanya, yang terlihat olehnya adalah seolah-olah dunia bergerak ke arah berlawanan.

Thier et al. (2001), berdasarkan bukti dari penelitian-penelitian EEG dan MEG (magnetoensefalografi) terhadap subjek-subjek manusia dan perekaman unit-tunggal pada monyet, menunjukkan bahwa tampaknya kompensasi ini melibatkan korteks ekstrastriata yang terletak di pertemuan lobus temporal dan parietal, dekat sebuah wilayah yang terlibat dalam analisis sinyal dari sistem vestibular.

Persepsi Lokasi Spasial

Lobus parietal terlibat dalam persepsi spasial dan somatosensoris, dan menerima informasi visual, auditoris, somatosensoris, dan vestibular untuk melaksanakan tugas-tugas ini. Kerusakan lobus parietal mengganggu kinerja berbagai tugas yang membutuhkan persepsi dan mengingat letak benda-benda serta gerakan mengontrol mata dan tungkai. Aliran dorsal korteks asosiasi visual berujung di orteks parietal posterior.

Ada lima wilayah di dalam sulkus intraparietal (intraparietal sulcus, IPS): AIP, LIP, VIP, CIP, MIP.

Penelitian-penelitian unit-tunggal dengan monyet dan penelitian-penelitian pencitraan-fungsional dengan manusia mengindikasikan bahwa neuron-neuron di IPS terlibat dalam:

1. perhatian visual dan kontrol gerakan sakadik mata (LIP dan VIP)
2. kontrol visual menggapai dan menunjuk (VIP dan MIP)
3. kontrol visual mencengkeram dan memanipulasi gerakan tangan (AIP)
4. persepsi kedalaman pada stereopsis (CIP)

(Snyder, Batista, dan Andersen, 2000; Culham dan Kanwisher, 2001; Astafiev et al., 2003; Tsao et al., 2003; Frey et al., 2005).

Goodale dan koleganya (1992, 1994, dan 2004) menunjukkan bahwa tampaknya fungsi utama aliran dorsal korteks visual adalah memandu tindakan, bukan sekadar memersepsi lokasi spasial.

Istilah yang diajukan yaitu 'apa' dan 'bagaimana', mereka menyadari bahwa:

1. Korteks visual lobus parietal posterior sangat tersambung dengan wilayah-wilayah lobus frontal yang terlibat dalam kontrol gerak mata, gerak menggapai tungkai, serta gerak mencengkeram tangan dan jari.
2. Kerusakan aliran dorsal dapat menyebabkan cacat pada gerak yang dipandu secara visual.

Wilayah Korteks Visual Manusia	Nama Wilayah (Bila Berbeda)	Fungsi
V1	Korteks striata	Modul-modul kecil yang menganalisis orientasi, pergerakan, frekuensi spasial, disparitas retina, dan warna
V2		Analisis lebih jauh atas informasi dari V1
Aliran Ventral		
V3 + VP		Analisis lebih jauh atas informasi dari V2
V3A		Pengolahan informasi visual meliputi seluruh medan visual medan kontralateral
V4dv	V4 dorsal/ventral	Analisis bentuk Pengolahan kekonstanan warna

		V4d = medan visual bawah, V4v = medan visual atas
V8		Persepsi warna
LO	Kompleks oksipital lateral	Pengenalan benda
FFA	Area wajah fusiformis	Pengenalan wajah, pengenalan objek oleh ahli ('area fusiformis fleksibel')
PPA	Area tempat parahipokampus	Pengenalan tempat tertentu
EBA	Area tubuh ekstrasstriata	Persepsi bagian tubuh selain wajah
Aliran Dorsal		
V7		Perhatian visual Kendali gerak mata
MT/MST	Medial temporal/medial superior temporal (dinamakan berdasarkan letaknya di otak monyet)	Persepsi pergerakan Persepsi pergerakan biologis dan aliran optik di subwilayah spesifik
LIP	Area intraparietal lateral	Perhatian visual Kontrol gerak sakadik mata
VIP	Area intraparietal ventral	Kontrol perhatian visual terhadap lokasi tertentu Kontrol gerak mata Kontrol visual gerak menunjuk
AIP	Area intraparietal anterior	Kontrol visual gerak tangan: mencengkeram, manipulasi
MIP	Area intraparietal tengah Wilayah gapaian parietal (monyet)	Kontrol visual gerak meraih
CIP	Area intraparietal kaudal Wilayah disparitas parietal kaudal	Persepsi kedalaman pada stereopsis