

PELAJARAN LENSA KONTAK IACLE

MODUL 6

Kornea Dalam Pemakaian Lensa Kontak

Edisi Pertama

Dicetak di Australia oleh
International Association of Contact Lens Educators

Edisi Pertama 2000

© *The International Association of Contact Lens Educators 2000*
Semua hak cipta dilindungi. Tidak ada bagian dari publikasi ini yang boleh digandakan, disimpan dalam suatu sistem rekaman atau ditransmisikan dalam bentuk apapun atau dengan cara apapun, tanpa minta ijin tertulis terlebih dahulu pada

International Association of Contact Lens Educators
IACLE Secretariat,
PO Box 328 RANDWICK
SYDNEY NSW 2031
Australia

Tel: (612) 9385 7466
Fax: (612) 9385 7467
Email: iacle@iacle.org

Daftar Isi

		Halaman
Ucapan terima kasih.....		iv
Para penulis.....		v
Petunjuk bagi pengajar pelajaran lensa kontak IACLE.....		vi
Simbol, Singkatan dan Akronium yang digunakan dalam pelajaran LK IACLE.....		viii
Ringkasan Modul 6: Kornea dalam Pemakaian Lensa Kontak.....		x
Permintaan Umpan-Balik		xi
Unit 6.1		1
	Tinjauan Pelajaran	
	Kuliah 6.1 Persyaratan Oksigen dan Efek Hipoxia	3
Unit 6.2		37
	Tinjauan Pelajaran	
	Kuliah 6.2 Oksigenasi Kornea dengan Lensa Kontak	39
Unit 6.3		55
	Tinjauan Pelajaran	
	Kuliah 6.3 Sifat Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen	57
Unit 6.4		73
	Tinjauan Pelajaran	
	Kuliah 6.4 Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak	75
Unit 6.5		105
	Tinjauan Pelajaran	
	Kuliah 6.5 Sistem Pertahanan Mata dan Pemakaian lensa kontak	107

Ucapan Terima Kasih

Projek Kurikulum IACLE adalah buah dari keinginan untuk meningkatkan standar pendidikan pelayanan kesehatan mata, agar pemakaian lensa kontak lebih aman dan lebih sukses, dan untuk mengembangkan bisnis lensa kontak dengan mencipta infrastruktur pendidikan yang akan menghasilkan guru-guru, pelajar dan praktisi masa depan.

Konsep para pengajar terbaik dunia memberi sumbangan pendidikan mereka yang paling kreatif untuk kepentingan umum tanpa imbalan apapun, selain dari kepuasan pribadi, lahir dari idealisme IACLE.

Projek Kurikulum tidak mungkin berhasil tanpa bantuan dan kedermawanan dari banyak yang berbakat dan berdedikasi. Kepada semua penyumbang bahan kuliah, pedoman praktek, video, slide dll, kami ucapkan terima kasih. Semangat kedermawanan anda akan bermanfaat bagi banyak pengajar, ratusan ribu pelajar dan jutaan pasien di seluruh dunia.

Wakil President IACLE, Professor Desmond Fonn, telah banyak berjasa sejak berdirinya IACLE, dan telah memberi sumbangan koreksi dalam tahap penyuntingan akhir dari kurikulum ini. Projek ini telah dimulai saat pimpinan Professor Brien Holden. Rencana dan layout asli kurikulum ini disiapkan oleh Sylvie Sulaiman, Direktur Pendidikan IACLE. Dedikasi dan pengertiannya yang mendalam mengenai kebutuhan para praktisi dan masyarakat telah memberi fokus dan kedalaman pada projek ini.

Belakangan ini, Projek Kurikulum IACLE beruntung memperoleh pekerjaan Dr Lewis Williams sebagai Manager, Pengembangan Pendidikan. Dr Williams telah banyak berjasa untuk dapat mengumpulkan sumber kumpulan bahan, dan telah menciptakan, apa yang saya yakini merupakan koleksi berharga pengetahuan lensa kontak. Dr Williams juga dibantu oleh Rob Terry yang mempunyai pengalaman dan wawasan yang mendalam dalam bidang lensa kontak.

Kylie Knox telah bertugas dengan baik sebagai editor projek. Mengimbangi jerih payah para editor, koordinator layout Barry Brown dan Shane Parker telah bertugas dengan baik, begitu juga semua anggota tim grafis yang lain. Cornea and Contact Lens Research Unit (CCLRU) di University of New South Wales telah banyak berjasa pada projek ini dengan sumbangan waktu, sumber dan dukungan penyunting.

Staf global IACLE termasuk Direktur Administrasi Yvette Waddell, Koordinator Global, Pamela O'Brien dan Executive Secretary Gail van Heerden, dengan piawai telah menangani tugas besar dalam produksi dan distribusi.

Halaman ucapan terima kasih disebuah dokumen IACLE tidak akan lengkap tanpa menyebut para sponsornya. Bausch & Lomb telah menjadi perusahaan sponsor utama sejak 1990, dengan memberi dorongan awal bagi perkembangan IACLE dengan memberi dukungan dana dengan melibatkan karyawan dari Divisi Internasional mereka. Dr Juan Carlos Aragon (ketika ia masih bekerja di Bausch & Lomb) yang pertama kali mengusulkan bila IACLE ingin diperhitungkan oleh industri, IACLE harus memiliki sebuah rencana global untuk menghadapi kebutuhan pendidikan demi perkembangan bisnis lensa kontak yang aman dan efektif. Johnson & Johnson Vision Products adalah juga perusahaan yang menjadi sponsor utama kami. Mereka telah memberi bantuan besar dengan melibatkan para koordinator industri mereka di Europa, Afrika, dan Timur Tengah. CIBA Vision juga merupakan perusahaan penyumbang kami dan juga telah memberi koordinasi industri yang baik di Amerika Latin. Allergan dan Wesley Jessen/PBH telah banyak memberi sumbangan sebagai perusahaan donor, dengan Alcon Laboratories, menyumbang sebagai donor IACLE.

IACLE adalah usaha bersama, dan kesamaan ini paling terlihat pada projek kurikulum ini. Pelajaran Lensa Kontak IACLE yang merupakan buah dari projek ini dibuat untuk membantu para pengajar dilembaga pendidikan yang terakreditasi untuk menyebarkan pengetahuan pelayanan kesehatan mata dan lensa kontak. Semua para penyumbang berhak menerima penghargaan atas sikap tidak mementingkan diri sendiri dan keahlian mereka.

Debbie Sweeney
President IACLE

Para Penulis

Desmond Fonn, Dip Optom, MOptom

Associate Professor
School of Optometry
University of Waterloo
Waterloo, Ontario Canada N2L 3G1

Pimpinan Penyunting

Robert Terry, BOptom, MSc

Cornea and Contact Lens Research Unit
School of Optometry
The University of New South Wales
Sydney NSW 2052
Australia

- **Persyaratan Oksigen ke Kornea dan Efek dari Hipoxia**
- **Oksigenasi dengan Lensa Kontak**
- **Sifat Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen**

Fiona Stapleton, PhD

Cornea and Contact Lens Research Unit
School of Optometry
The University of New South Wales
Sydney NSW 2052
Australia

- **Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak**

Mark Willcox, PhD

Cornea and Contact Lens Research Unit
School of Optometry
The University of New South Wales
Sydney NSW 2052
Australia

- **Sistim Pertahanan Mata dan Pemakaian Lensa Kontak**

Lewis Williams, AQIT(Optom), MOptom, PhD

IACLE Secretariat
PO Box 328 RANDWICK
Sydney NSW 2031
Australia

- **Persyaratan Oksigen ke Kornea dan Efek dari Hipoxia**
- **Oksigenasi dengan Lensa Kontak**
- **Sifat Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen**

Petunjuk bagi Pengajar Pelajaran Lensa Kontak IACLE

Tujuan

Pelajaran Lensa Kontak IACLE adalah sebuah paket materi pendidikan yang komprehensif dan sumber lain untuk mengajarkan ilmu lensa kontak. Paket ini dirancang untuk mencakup Silabus Pelajaran Lensa Kontak IACLE dan terdiri dari 360 jam kuliah, praktek dan bimbingan dalam sepuluh modul. Paket ini mencakup materi tingkat dasar, menengah dan tingkat lanjut. Sebuah dokumen lain, Silabus Pelajaran Lensa Kontak IACLE, berisi ringkasan pelajaran ini dan termasuk garis dasar Modul 1 sampai 10.

Sumber pelajaran ini dirancang agar luwes sehingga para pengajar dapat memilih materi yang sesuai dengan tingkat pengetahuan para pelajar dan sesuai dengan kebutuhan pendidikan bagi kelas, sekolah, lembaga atau negara dimana ia diajarkan.

Referensi bahasa Inggris yang dipergunakan untuk pelajaran lensa kontak IACLE adalah: Brown L (Ed.). *The New Shorter Oxford English Dictionary*. 1993 ed. Clarendon Press, Oxford (UK). Hanya pengecualian ejaan *mold* dan *mould*. Kamus Oxford menggunakan *mould* dalam semua konteks. Kami memilih *mold* untuk hal yang berhubungan dengan pembuatan dan *mould* untuk fungi pada hal kedua pengertian dan ejaan sering kelihatan dalam pelajaran lensa kontak. Perbedaan ini berdasarkan pada penggunaan umum. Apabila kata-kata dipinjam dari suatu bahasa selain dari bahasa Inggris, ia direproduksi dalam bentuk aslinya kemana saja.

Terminologi dan simbologi yang digunakan adalah standar yang telah diakui oleh International Organization for Standardization (ISO), atau bila rancangan ISO sudah mencapai tahap lanjut. Dimana mungkin, selalu digunakan unit *Système International* (SI).

Banyak textbook penting lensa kontak dari seluruh dunia, dan beberapa artikel dari majalah penting dirujuk dalam pelajaran ini, dan ilustrasi hakcipta direproduksi dengan seizing penerbit asli dan atau pemilik hakcipta. Daftar kepustakaan pada akhir tiap unit dengan rinci menyebutkan sumber informasi yang digunakan dalam seluruh buku ini.

Bahan Pelajaran - Modul 6

Modul 6 dari Pelajaran Lensa Kontak IACLE terdiri dari materi berikut:

1. Buku Lensa Kontak

Buku lensa kontak berisi:

- Tinjauan pelajaran
- Tinjauan kuliah dan catatan
- Tinjauan praktek, latihan dan catatan*
- Latihan bimbingan dan catatan *

* Tidak semua unit memiliki bagian ini.

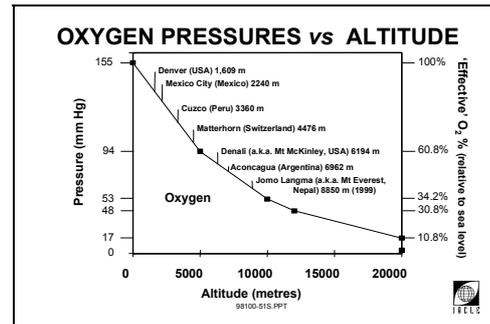
Alokasi waktu yang dianjurkan bagi bagian kuliah, praktek dan bimbingan dari modul ini diajukan dalam ringkasan Modul 6 pada halaman *xi*. Buku pegangan ini mencakup aktivitas, kepustakaan, textbook dan teknik evaluasi yang dianjurkan demi tercapainya standarisasi. Tetapi pada akhirnya, rancangan dan metodologi pelajaran ini diserahkan pada kebijaksanaan pengajar lensa kontak.

2. Slide untuk kuliah, praktek dan bimbingan

Slide telah dinomori sesuai dengan urutan munculnya mereka pada tiap kuliah, praktek dan bimbingan. Dapat digunakan satu atau dua projector. Tiap slide memiliki kode identifikasi. Kode ini didasarkan pada suatu sistem katalog yang digunakan di Sekretariat IACLE dan harus digunakan dalam tiap komunikasi dengan IACLE mengenai slide.

Contoh:

Untuk memesan lagi slide ini,
harap disebut kode identifikasi



6L198100-51

Simbol, Singkatan dan Akronim yang Digunakan dalam Pelajaran Lensa Kontak IACLE

SIMBOL			
↑	tambah, tinggi	{	Kolektif dihasilkan oleh
↓	kurangi, rendah	}	Kolektif menghasilkan
→	Menghasilkan, ke arah	↔	Jumlah dari
←	Dihasilkan oleh, dari	±	Nilai kurang lebih
↔	Tak berubah, tak jelas	+	plus, tambah, termasuk dan
↑↑	Nyata/besar bertambah	-	minus, kurang
↓↓	Nyata/besar berkurang	≈	Kira-kira
%	persen	=	Setara ,sama
<	Lebih kecil dari	&	dan, juga
>	Lebih besar dari, sesudah	x°	derajad: mis. 45°
≥	Sama atau lebih besar	@	pada meridian
≤	Sama atau lebih kecil	D	Dioptri
?	Tak diketahui, meragukan	X	axis: e.g. -1.00 X 175. -1.00D cylinder, axis in 175° meridian
n, n_{sub}, n_{sub}'	Indeks bias	Δ	Prisma dioptri or beda
∞	sebanding		

ABBREVIATIONS			
μg	mikrograms (.001 mg)	min	menit
μL	mikrolitres (.001 mL)	mL	millilitres (.001L)
μm	mikrometre (.001 mm) (<1968: micron)	mm	millimetre
μmol	mikromoles, mikromolar	mmol	millimole, millimolar
cm	sentimeter (.01m)	mOsm	milliosmole
d	hari	nm	nanometer (10 ⁻⁹ m)
Endo.	Endotel	Px	Pasien
Epi.	epitel	Rx	Resep
h	Jam	s	detik
Inf.	inferior	Sup.	superior
kg	kilograms	t	tebal
L	litre		

AKRONIM			
ADP	adenosine diphosphate	LPS	levator palpebrae superioris
ATP	adenosine triphosphate	NADPH	nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
ATR	against-the-rule	NIBUT	non-invasive break-up time
BS	best sphere / Spheris terbaik	OD	right eye (Latin: <i>oculus dexter</i>) / mata kanan
BUT	break-up time	OO	orbicularis oculi muscle
CCC	central corneal clouding	OS	left eye (Latin: <i>oculus sinister</i>) mata kiri
CCD	charge-coupled device	OU	both eyes (Latin: <i>oculus uterque</i> - each eye, or <i>oculi uterque</i> – kedua mata)
cf.	compared to / with / banding	PD	interpupillary distance / jarak antar pupil
CL	contact lens /lensa kontak	PMMA	poly(methyl methacrylate)
Dk	Oxygen permeability	R	Right / kanan
DW	daily wear / pakai harian	R&L	right and left / kanan dan kiri
e.g.	for example (Latin: <i>exempli gratia</i>) / misal	RE	right eye / mata kanan
EW	Extended wear / pakai lama	RGP	rigid gas permeable
GAG	glycosaminoglycan	SCL	soft contact lens / lensa kontak lunak
GPC	giant papillary conjunctivitis	SL	spectacle lens / lensa kacamata
HCL	hard contact lens / lensa kontak keras	TBUT	tear break-up time
HVID	horizontal visible iris diameter	TCA	tricarboxylic acid
i.e.	that is (Latin: <i>id est</i>) / yaitu	UV	Ultraviolet
K	keratometry result / hasil keratometri	VA	visual acuity / tajam penglihatan
L	Left / kiri	VVID	vertical visible iris diameter
LE	left eye / mata kiri	WTR	with-the-rule

Ringkasan Modul 6: Kornea dalam Pemakaian Lensa Kontak

Program Pelajaran

Kuliah			Acara Praktek			Bimbingan (Kelompok Kecil)		
Judul	Jams	Tkt*	Judul	Jam	Tkt*	Judul	Jam	Tkt*
L 6.1 Persyaratan Oksigen Kornea dan Efek Hipoxia	1	3						
L 6.2 Oksigenasi dengan Lensa Kontak	1	3						
L 6.3 Sifat Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen	1	3						
L 6.4 Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak	2	3						
L 6.5 Sistem Pertahanan Ocular Host Defence Systems dan Pemakaian Lensa Kontak	2	3						

- * Tingkat 1 = Dasar: pengetahuan dasar
 Tingkat 2 = Menengah: pengetahuan yang diinginkan
 Tingkat 3 = Lanjutan: pengetahuan yang berguna

Alokasi Waktu Pelajaran

Tingkat	Kuliah	Praktek (Laboratorium)	Bimbingan (Kelompok Kecil)	Jumlah Jam
Dasar	0	0	0	0
Menengah	0	0	0	0
Lanjutan	7	0	0	0
TOTAL	7	0	0	7

Pemintaan Umpan Balik

Ini adalah Pelajaran Lensa Kontak IACLE edisi pertama, dan kami bermaksud akan merevisi dan memperbaharui secara berkala. Agar tiap revisi merupakan perbaikan dari edisi sebelumnya maka kami minta bantuan anda. Kami harap anda mau memberi umpan balik dalam bentuk komentar, koreksi atau usulan yang anda pandang akan meningkatkan ketepatan atau kualitas Pelajaran ini. Umpan balik seperti itu mungkin akan dimasukkan pada revisi berikutnya. Kami terutama mengharapkan koreksi dan usul untuk perbaikan teks dan slide bahan kuliah.

Untuk mempermudah proses umpan balik ini, pada halaman berikutnya disediakan sebuah formulir. Formulir ini boleh difotokopi. Harap lengkapi rincian identifikasi anda agar tim penyunting dapat menghubungi anda untuk membahas usulan anda dengan lebih rinci atau bahkan untuk minta bantuan anda untuk melakukan revisi berdasarkan masukan yang anda kirimkan.



Pelajaran Lensa Kontak IACLE

Formulir Umpan Balik / Koreksi / Saran

Nama: _____ Tanggal: _____
(dd-mm-yy)

Institusi: _____

Alamat: _____

Modul: _____ Unit: _____ Halaman: _____

Kode Slide: _____ Bagian

Komentar:

Terima Kasih

Kirimkan formulir ke: IACLE Secretariat
PO Box 328
RANDWICK NSW 2031
AUSTRALIA

Kegunaan Kantor:
Respon #: _____
Dituju kepada: _____
Tindakan: _____

Unit 6.1

(1 Jam)

Kuliah 6.1: Persyaratan Oksigen
Kornea dan Efek Hipoxia

Tinjauan Pelajaran

Kuliah 6.1: Persyaratan Oksigen Kornea dan Efek Hipoxia

- I. Penyediaan Oksigen ke Mata
- II. Pengukuran Kebutuhan Oksigen Kornea
- III. Equivalent Oxygen Percentage
- IV. Efek Hipoxia

Kuliah 6.1

(1 Jam)

Persyaratan Oksigen Kornea
dan Efek Hipoxia

Daftar Isi

I Persediaan Oksigen Untuk Mata	5
I.A Atmosfir	5
I.B Tingkatan Oksigen Di Mata	8
II Pengukuran Permintaan Oksigen untuk Kornea.....	14
II.A Sensor Oksigen Polarographic.....	15
II.B Mengukur Pemakaian Oksigen	19
III Persentase Oksigen Ekuivalen (Equivalent Oxygen Percentage)	24
III.A Pembengkakan Kornea akibat Lensa Kontak	27
IV Efek Hipoxia	29

I Penyediaan Oksigen untuk Mata

1



6L198100-1

Pengukuran Syarat Oksigen Untuk Kornea

Berkurangnya jumlah oksigen yang tersedia untuk jaringan yang aktif secara metabolis, dapat mengubah keseimbangan fisiologis komponen sel dan seterusnya jaringan itu sendiri, Kornea juga bukan terkecuali.

Penyediaan oksigen yang cukup untuk kornea penting untuk proses metabolisme dan pemeliharaan integritas struktural. Lensa yang dipasang harus menyediakan tingkat oksigen minimal yang diperlukan kornea dalam menentukan keberhasilan pemakaian lensa kontak. Walaupun sangat berguna untuk mengetahui tentang persyaratan oksigen yang minimal untuk kornea, umumnya hal ini tidak praktis dalam praktek rutin lensa kontak. Sebaliknya, lensa kontak yang dipilih harus dengan tingkat oksigen lebih dan jauh lebih tinggi dari persyaratan rata-rata yang diperlukan.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk menentukan jumlah kebutuhan kritis oksigen dari kornea. Sementara ada beberapa perbedaan dalam penelitian ini, terdapat persetujuan umum tentang tingkat oksigen yang diperlukan untuk pemakaian lensa kontak yang aman secara harian dan semalaman. Sampai sekarang, banyak dari lensa kontak yang dipasarkan tidak mampu memenuhi tingkat tinggi relatif dari oksigen, seperti yang telah ditentukan dalam penelitian-penelitian yang sudah diterbitkan. Khususnya, hal ini berhubungan dengan pemakaian lensa kontak secara berpanjangan. Sekarang sudah tersedia produk lensa yang melewati tingkat rekomendasi untuk cara pemakaian berpanjangan dengan harga yang terjangkau.

I.A Atmosfir

2

KOMPONEN ATMOSFIR	
Oksigen	21%
Nitrogen	78.1%
Karbon dioksida	0.04%
Unsur gas lain	0.86%

6L198100-44

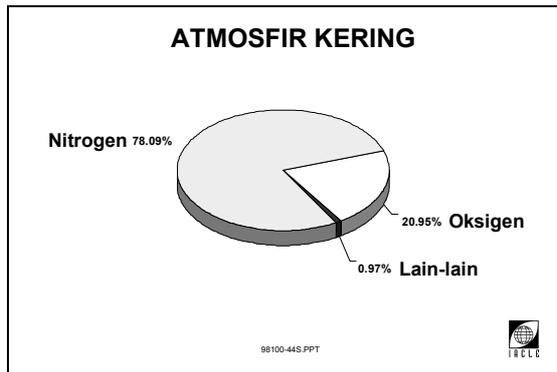
Komponen Gas Di Atmosfir

Sebagian kecil dari atmosfer bumi terdiri dari gas oksige, yang berfungsi sebagai 'pembakar' dalam badan. Atmosfir mengandung kira-kira 21% oksigen (slide 2).

Unsur gas lain yang juga penting dan berhubungan dengan pemakaian lensa kontak dan kornea adalah karbon dioxide (CO₂) (slide 3) dan uap air. Akan tetapi, tingkat CO₂ pada atmosfer normal sangat rendah sehingga tidak begitu berarti dan jumlah uap air sangat berbeda dan ini akan dibahas terpisah nanti.

Komponen lain, disebut dengan gas tanpa daya gerak, yang memiliki sedikit relevan dalam pemakaian lensa kontak. Ada beberapa gas hasil polutan atmosfer yang alamiah (misalnya metane) atau gas yang dibuat oleh manusia (misalnya nitrous oxide). Umumnya, mereka ada hubungan dengan tubuh jika dibandingkan dengan mata secara khusus.

3



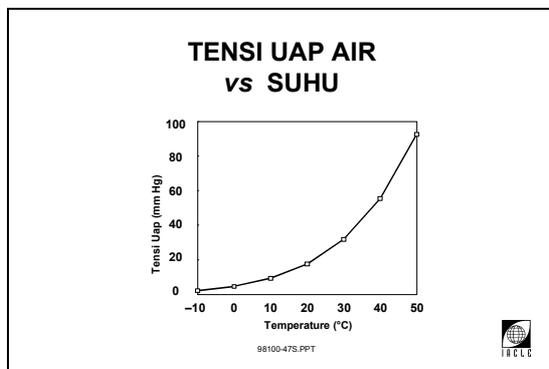
6L198100-45

4

- ATMOSFIR KERING
UNSUR GAS LAIN**
- Helium (Urutan kebawah %)
 - Methane
 - Krypton
 - Hydrogen
 - Nitrous Oxide
 - Xenon
- 98100-46S.PPT 

6L198100-46

5



6L198100-47

6

- TEKANAN SEBAGIAN OKSIGEN
ATMOSFIR STANDAR**
- Suhu: 15 °C
 - Tekanan : 760 mm Hg
 - Tekanan uap air @ 15 °C: 12.79 mm Hg
 - Komponen atmosfer: 747.21 mm Hg
 - Konsentrasi oksigen: 20.95%
 - Tekanan sebagian oksigen (pO₂): 156.54 mm Hg
 - Nilai pO₂ yang biasa digunakan: 155 mm Hg
- 98100-49S.PPT 

6L198100-46

Tekanan Sebagian Oksigen

Dalam persentase, komponen atmosfer tidak berbeda dengan ketinggian. Meskipun, tekanan atmosfer pada tubuh (tekanan pada atmosfer atau tekanan barometer) berkurang secara signifikan dengan ketinggian.

Terjadi juga pengurangan dalam tekanan sebagian oksigen. Meskipun, persentase tekanan atmosfer total tetap sama yaitu 20,95% dari total.

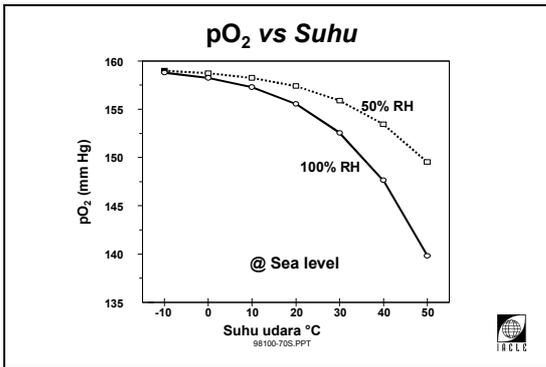
Pada tingkat laut, tekanan sebagian oksigen dalam atmosfer tergantung pada banyak faktor termasuk tekanan barometer, kelembaban relatif (RH), temperatur udara dan faktor lain seperti angin, polusi dan lain – lain.

Kelembaban relatif (RH) adalah variasi signifikan yang tergantung pada geografis lokal. Misalnya – lokasi tepi laut atau daratan, arah angin, misalnya angin yang sering melewati permukaan air atau lapangan yang panas, kering dan musim tiap tahun misalnya : musim panas dan musim hujan.

Pentingnya, perubahan RH dapat mempengaruhi kadar air bahan lensa hidrogel konvensional. RH yang rendah akan mengurangi kadar air pada lensa di mata. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya penyediaan oksigen dibawah lensa karena DK bahan lensa berkurang dari dehidrasi.

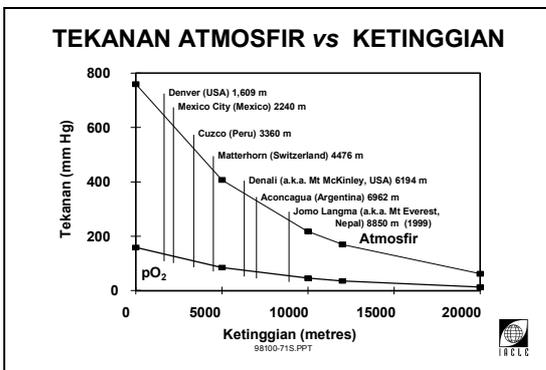
Secara paradoks, atmosfer standar mempunyai 0% RH, kenyataan yang tidak mungkin. Tekanan

7



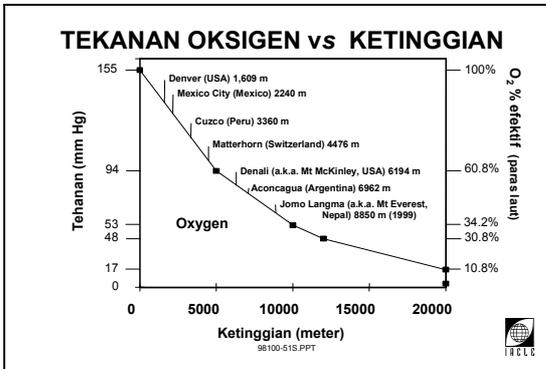
6L198100-70

8



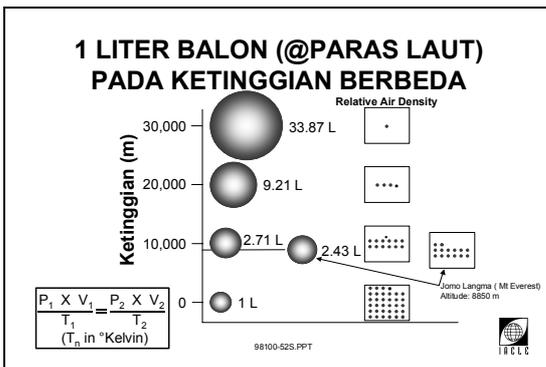
6L198100-71

9



6L198100-51

10



6L198100-52

sebagian oksigen dalam standar kering oksigen adalah 159 mm Hg, misal. 20.95% dari 760 mm Hg. Angka ini juga muncul pada literatur.

Sementara standar atmosfer didefinisi, nilai komponen agak nominal karena dipengaruhi oleh jumlah dan kemampuan variable. Meskipun, atmosfer pada tiap garis lintang yang diukur adalah kecil tetapi ia mempunyai pengaruh.

Komponen dari udara kering sedikit dipengaruhi oleh variasi lokal (pada tingkat laut) (lihat chart representasi pada slide 2 dan 3). Uap air diatas air tekanan uap, yaitu tekanan uap jenuh berubah dengan suhu (lihat slide 5).

Tekanan uap air diatas air (12,9 mm Hg) pada 15°C, temperatur standar atmosfer, memberikan nilai nominal yang dapat digunakan untuk mengkalkulasi tekanan pada atmosfer kering (slide 6). Dari hasil ini, tekanan sebagian oksigen (pO₂) dapat diperoleh, misalnya 20.95% pada kering (dry) yaitu 156,54 mm Hg. Jika RH adalah 50%, nilai tekanan uap air diatas air nilainya menjadi separuh/setengah dan pO₂ dikalkulasikan kembali (157,8 mm Hg). Efek ini ditunjukkan secara grafis dalam slide 7. Slide 7 kelihatan memperbesar efek karena jangkauan skala yang dipilih untuk y (pO₂).

Secara sederhana, nilai yang agak rendah dari nilai yang dikalkulasi, misalnya 155 dari 156,54, digunakan pada kebanyakan terbitan. Ketidak tepatan perbedaan dari nilai sebenar ini yaitu dalam langkah 1% mempunyai pengaruh yang sangat kecil dalam kenyataan dunia.

Faktor yang paling berpengaruh adalah ketinggian. Nilai 155 mm Hg digunakan sebagai tekanan sebagian oksigen pada tingkat laut dalam kuliah ini, karena nilai ini sudah digunakan untuk bertahun-tahun.

Efek ketinggian pada tekanan atmosfer dan tekanan sebagian oksigen, diilustrasikan dengan grafik pada slide 8. Tema ini diperkembangkan dalam slide 9 dimana persentase (relatif pada tingkat laut) dan tekanan sebagian oksigen, digambarkan berlawanan dengan ketinggian daerah sekeliling dunia dengan ciri geografis yang berbeda – beda.

Mungkin saja standar persamaan dapat digunakan untuk mengkalkulasi volume gas yang mengisi dibawah kondisi atmosfer yang berbeda. Slide 10 menunjukkan volume dan ukuran nyata (diameter) 1 liter balon (pada tingkat laut) dengan ketinggian sampai 30.000 meter. Sifat fisik dan pengaruh pada balon itu sendiri diasumsikan adalah nol dan ini diabaikan.

Kepekatan udara relatif ditunjukkan juga pada grafik. Suhu udara dan ketinggian tidak ada hubungan langsung, mis. nya suhu udara tidak menjadi lebih dingin dan data nyata telah digunakan dalam perhitungan. Data dari point tertinggi pada bumi, Jomo Langma (Mt Everest) ditunjukkan untuk

perbandingan. Pada puncak gunung Jomo Langma's, tekanan atmosfer kira – kira 252 mm Hg dimana 51-53 mm Hg dikontribusi oleh oksigen. Misalnya penyediaan oksigen 'efektif' adalah kurang lebih sepertiga dari nilai tingkat laut. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapat jumlah oksigen yang sama maka pada puncak Jomo Langma harus ada penghirupan 3 kali volume udara dari penghirupan pada tingkat laut. Usaha ini tidak dapat dicapai dan topeng oksigen biasanya digunakan. Terjadi respon kerugian lain akibat ketinggian dan ini tidak akan dibahas disini disini.

Kornea sangat tergantung pada oksigen yang tersedia, daripada harus mampu beradaptasi sehingga menyebabkan proses aktif untuk mengkompensasikan kekurangan oksigen. Hal ini juga berlaku untuk kekurangan oksigen karena ketinggian dan juga pemakaian lensa kontak.

Dalam penerbangan, pesawat terbang komersial memelihara tekanan kabin yang lebih tinggi dari tekanan diluar pesawat agar tidak menyebabkan hypoxia dan atau kesulitan bernafas pada penumpang. Proses ini dinamakan 'pressurisation' dan kabin dikatakan menjadi pressurized. Tekanan antara 550 dan 600 mm Hg, dimana 115-126 mm Hg yang terdiri dari komponen oksigen, digunakan secara normal.

Jika letak daerah di ketinggian yang tinggi maka proses tekanan (pessurisation) diperlakukan untuk penyesuaian iklim setempat apabila berada disitu (data dari Member Aviasi Medicine E-Mail Group, 1999).

Beberapa studi menggunakan lingkungan buatan serupa untuk simulasi penggunaan lensa kontak pada ketinggian yang sama. Strath dan Banister (1991) mensimulasikan kondisi pada 4267 meter dan menemukan 2 kali pembengkakan kornea (8% versus 4%) dan terlihat vertical strai pada 3 dari 7 subjek. Hasil mereka menyatakan tingkat minimum oksigen sebesar 12,2% diperlukan untuk mencegah perubahan signifikan pada kornea.

I.B Tingkat Oksigen di Mata

11

PENYEDIAAN OKSIGEN KE MATA

- Atmosfir
- Arteri ophthalmic, cabang ke
 - Bilik depan
 - limbus
 - Konjungtiva palpebra

98100-3S.PPT



6L198100-3

Persediaan Oksigen untuk Mata

Tidak seperti kornea, mata menerima seluruh persediaan oksigen melalui arteri ophthalmik, yang merupakan cabang dari arteri carotid internal.

Arteri ophthalmik bercabang menjadi sistim sirkular ciliaris. Kemudian mencukupi sebagian oksigen untuk kornea melalui pembuluh pada anterior chambera, limbus dan palpebra konjungtiva. Dan melalui pembuluh konjungtiva karena terlihatnya pelebaran / dilatasi pembuluh pada saat mata terbuka setelah bangun tidur. Dengan jalan apa pun yang melibatkan oksigenasi kornea, seluruhnya adalah tidak langsung terkecuali daerah limbus. Umumnya, diasumsi bahwa sistim vaskulatur limbus hanya memberikan oksigen untuk 1mm dari tepi kornea (Benjamin, 1994).

Karena kornea adalah tidak memiliki pembuluh darah, mayoritas persediaan oksigen dicukupi oleh udara, perubahan dan properti yang telah dibahas.

Bahkan sumber atmosfer kritis dari oksigen adalah tidak langsung karena oksigen dari lapisan udara harus larut dalam selaput airmata sebelum layak untuk digunakan dalam aktivitas metabolisme lapisan superfisial kornea. Persediaan untuk lapisan yang lebih dalam juga tidak langsung dan lapisan ini dicukupi oleh aqueous humor.

Selama mata tertutup, sistem vaskular pada konjungtiva palpebra sangat penting dalam oksigenasi bagian depan mata karena kelopak mata melindungi kornea dari atmosfer. Seperti yang akan terlihat nanti, sistem persediaan dibawah kelopak mata tertutup tidak dapat memberi oksigen yang banyak seperti hal ketika mata terbuka.

12

SUMBER OKSIGEN KORNEA		
LAPISAN	MATA TERBUKA	MATA TERTUTUP
Epitel	atmosfir aqueous humor ?	palpebra konjunktiva bulbi konjunktiva ? aqueous humor ?
Stroma	aqueous humor atmosfir ?	aqueous humor
Endotel	aqueous humor	aqueous humor
Aqueous humor	iris vasculature	iris vasculature

98100-565.PPT 

6L198100-64

Sumber Oksigen untuk Kornea

Disarankan bahwa sumber utama oksigen untuk epitel adalah atmosfer (pada mata terbuka) dan pembuluh darah konjungtiva palpebra (pada mata tertutup).

Selanjutnya, persediaan utama untuk endotel adalah aqueous humor (Weissman *et al.* 1981). Riley (1969) dan Fatt *et al.* (1974) mendemonstrasikan penerusan oksigen (flux oksigen) dari anterior chambera kedalam kornea pada keadaan mata terbuka. Ini berarti endotel juga disediakan oksigen oleh aqueous humor saat mata terbuka, dan mata tertutup (Fatt *et al.* 1974).

Hamano *et al.* (1986b, fig. 4 in article) menunjukkan pada mata kelinci, ketika PMMA lensa kontak dipakai, stroma pO_2 lebih tinggi dibandingkan anterior kornea pO_2 . Hal ini menunjukkan sumber oksigen utama adalah dari chambera anterior, sejauhunya untuk anterior stroma. Hasil yang sama dikemukakan Steffansson *et al.* (1983) pada seekor kucing. Laporan mereka mengemukakan bahwa ketika lensa kontak impermeable dipakaikan, tekanan oksigen di anterior chambera berkurang karena meningkatnya fluks oksigen ke dalam kornea. Penemuan in vivo kornea Zantos pada endothelium blebs (lihat zantos dan holden, 1977) juga mendemonstrasikan bahwa endotel tidak sepenuhnya berhubungan dengan lingkungan luar mata, tetapi akibat dengan mekanisme yang tidak diketahui.

Blebs endotel adalah perubahan keadaan endotel mosaik yang diamati setelah lensa kontak dipasang, terjadi hypoxia/ anoxia atau eksperimen gas yang berisi karbon dioksida dalam jumlah oksigen yang normal (lihat Holden *et al.*, 1985). Pengaruh lingkungan luar bukan disebabkan oleh oksigen. Tetapi mungkin oleh laktat seperti yang dikemukakan pertama oleh Riley (1969), hasil berkurangnya pH seperti yang dikemukakan oleh Holden *et al.* (1985), atau hanya perubahan pH (Williams, 1986).

Akan tetapi, keratosit endotel dan stroma tergantung sepenuhnya pada aqueos humor untuk oksigen. Komponen kornea yang lain tidak aktif secara metabolis. Riley (1969), menyatakan bahwa pada mata seekor kelinci sekurang – kurangnya sekitar 20% dari oksigen kornea berasal dari aqueos humor.

Dahulu, sumber oksigen dari aqueos humor dianggap berasal dari sistim vaskular badan siliaris dan iris. Akan tetapi akhir – akhir ini Hoper *et al.* (1989), mengemukakan bahwa mungkin sumbernya hanya dari pembuluh darah iris. Keputusan ini diputuskan setelah ada studi komprehensif tentang nilai pO_2 pada daerah anterior chambera berdekatan dengan iris dalam kelinci dan monyet. Nilai pada pupil depan sangat rendah dan nilai sangat tinggi pada periperal. Dukungan keputusan ini yang lebih lanjut adalah pada pengukuran setelah operasi iridetomis sebagian dan lengkap.

13

FAKTOR PENYEDIAAN OKSIGEN

- Ketinggian
- Lensa kontak
 - RGP atau SCL
 - bahan
 - ketebalan
 - fitting

98100-5S.PPT



6L198100-5

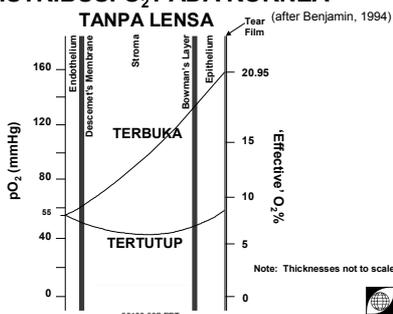
Faktor Penyediaan Oksigen

Tingkat tekanan oksigen berbeda mealui dan dalam kornea. Tingkat paling tinggi adalah pada permukaan luar. Hal ini menguntungkan karena epitel merupakan lapisan kornea yang paling aktif secara metabolis serta integritas struktural dan fungsionalnya sangat penting sebagai fungsi pelindung. Distribusi tekanan dan persentase oksigen melalui lapisan kornea ditunjukkan untuk (slide 14):

- Mata terbuka, sentral
- Mata terbuka, sentral.

14

DISTRIBUSI O_2 PADA KORNEA



98100-68S.PPT



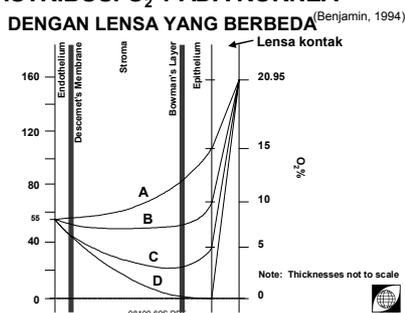
6L198100-68

Tekanan oksigen pada permukaan luar dan atas kornea berkurang dengan adanya kelopak mata dan tekanan ini berbeda dari satu orang ke orang yang lain.

Dibelakang mata tertutup, oksigen dari atmosfer tidak tersedia. Dibawah kondisi mata tertutup, oksigen untuk bagian luar mata dicukupi terutama oleh pembuluh darah di palpebra konjungtiva, bulbi konjungtiva dan secara minimal oleh sistim vaskular limbus. Karena daya gerak persediaan oksigen untuk bagian luar mata adalah tekanan atmosfer yang berkurang dengan ketinggian tinggi, ini berarti jumlah oksigen yang diserap dan tingkat oksigen dalam jaringan juga berkurang.

15

DISTRIBUSI O_2 PADA KORNEA



98100-69S.PPT



6L198100-69

Pemakaian lensa kontak mengurangi persediaan oksigen untuk kornea. Tipe lensa kontak, yaitu RGP atau LKL dan faktor lensa seperti bahan dan ketebalan akan mempengaruhi aliran oksigen ke kornea. Semua ini mengurangi persediaan oksigen ke bagian luar kornea.

Slide 15 menunjukkan distribusi persentase dan tekanan oksigen melalui lapisan kornea dengan lensa yang memungkinkan tekanan oksigen pada permukaan luar sentral kornea:

- Lensa A – 15%
- Lensa B – 10%
- Lensa C – 5%
- Lensa D – 0%

Sifat fitting lensa juga berperan minor dalam persediaan oksigen. Apakah itu lensa rigid atau fleksibel, lensa apa pun yang memungkinkan pertukaran air mata saat berkedip akan memberi oksigen yang lebih banyak dari lensa yang ketat dan tidak bergerak di mata. Secara umum, hubungan fit dengan oksigenasi kornea lebih signifikan dengan lensa RGP. Fatt dan Lin (1976) dan Decker *et al.* (1978) menunjukkan pompa airmata dibawah lensa lunak adalah kontributor minor dalam oksigenasi kornea. Dengan menggunakan fluorophotometer, Polse (1979) menunjukkan bahwa pertukaran volume airmata yang terjadi dengan setiap kedipan hanya 1.1% dari volume airmata. Dibaliknya pertukaran dengan RGP adalah 10 sampai 20 kali jumlah ini.

Baru-baru ini, angka ini dikonfirmasi oleh McNamara *et al.* (1999). Studi mereka juga menggunakan fluorophotometry yang menunjukkan pertukaran antara 1.24% dan 1.82% dengan setiap kedipan ketika LKL dipakai. Yang menarik adalah LKL kecil (TD: 12 mm) menyebabkan kadar pertukaran yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan LK RGP.

Akan tetapi, pertukaran airmata hanya sebagian dari gambar sebenarnya. Faktor lain seperti permeabilitas oksigen (Dk), tebal lensa, daerah kornea yang ditutupi dll perlu dipertimbangkan, Jika dibandingkan dengan LKL, lensa RGP dapat memberi tiga kali lebih banyak oksigen untuk kornea (Mandell *et al.* 1987).

Setelah hasil ini, bahan RGP permeabilitas yang lebih tinggi dikembangkan dengan lebih lanjut. Kelompok LKL dari siloxane dan fluoro-siloxane dengan kadar air rendah yang memiliki Dk yang dapat menandingi atau melebihi Dk bahan RGP, dapat mengurangi, atau menghilangkan batas yang sekarang dicapai bahan RGP walaupun lensa RGP tidak menutupi seluruh kornea.

16

TINGKAT TENSI OKSIGEN

Studi pO₂ telah dilakukan:

- Kornea pada beberapa lokasi
- Sakus palpebra dan kelopak
- Stroma
- Endotel
- Aqueous pada beberapa lokasi

Menggunakan:

- Manusia
- Kelinci
- Kucing
- Monyet

98100-6S.PPT



6L198100-6

Tingkat Oksigen Mata: Mata Terbuka dan Tertutup

Tekanan oksigen (tekanan sebagian) di mata beberapa hewan telah diukur atau diperkirakan. Biasanya hasil ini berdasarkan anggapan perhitungan dari data *in vitro* dan mungkin tergantung metode yang digunakan.

Diperkirakan tekanan atmosfer pada tingkat laut adalah 760 mm Hg. Oleh karena itu, pada mata terbuka permukaan luar kornea terpapar pada tekanan oksigen sebagian (pO₂) yaitu 155 mm Hg (data yang didapati sebelumnya).

Banyak studi memberi perhatian kepada perbedaan individu yang ditemukan pada tingkat pO₂ dan/atau kadar konsumsi yang diukur dari kedua studi hewan dan manusia, contoh, Mandell dan Farrell, 1980, Holden *et al.* 1984, Lin, 1992. Lin juga memberi saran tentang kadar konsumsi oksigen yang berubah dengan waktu pada individu tertentu.

Penerbitan tentang tingkat tekanan oksigen di mata terbuka dirangkumkan dibawah.

17

**RANGKUMAN DATA pO₂
MATA TERBUKA**

LOKASI	MANUSIA	KELINCI	KUCING
Bawah kelopak	33.7 – 61.4	38.9	
Bawah LK	0 – 82.3	0.58 – 112	
Bilik depan	50 – 59.7	7.7 – 65	30 - 37
Bilik depan dengan LK	25 - 75	6 – 27.73	13

98100-51S.PPT



6L198100-53

18

**RANGKUMAN DATA pO₂
MATA TERTUTUP**

LOKASI	MANUSIA	KELINCI
Bawah Kelopak	50 - 67	
Bawah LK	0 - 35	
Bilik depan	55	8.7
Bilik depan dengan LK		5.1 – 12.9

98100-52S.PPT



6L198100-54

Rangkuman Data pO₂ dalam Penerbitan Semua Spesies:

- Pada permukaan luar mata:
 - 151 sampai 159 mm Hg
 (Benjamin dan Hill, 1988, Benjamin, 1994, agak berbeda karena ketinggian laboratorium).

Mata terbuka, Manusia:

- Dibawah kelopak mata:
 - 33.7 sampai 61.4 mm Hg
- Dibawah lensa kontak:
 - 0 sampai 82.3 mm Hg
- Dalam bilik depan:
 - 40 sampai 9.7 mm Hg
- Dalam bilik depan dengan lensa kontak:
 - 25 sampai 75 mm Hg

(Benjamin 1994, Hamano *et al.* 1986, Serdahl *et al.* 1989, Efron dan Carney 1979, Holden dan Sweeney 1985, Fatt *et al.* 1974, Weissman 1986, Polse dan Decker 1979, Rasson and Fatt 1982, Hamano 1985, O'Neal *et al.* 1983, Friedenwald dan Pierce 1937, Kleifield dan Neumann 1959, Fatt dan Bieber 1968, Fatt 1978, Ruben 1975, Benjamin 1994, Thiel 1967, Fatt dan Ruben, 1993).

Mata terbuka, Kelinci:

- Dalam saku konjungtiva:
 - 38.9 mm Hg
- Di bawah lensa kontak:
 - 0.58 sampai 112 mm Hg
- Dalam bilik depan :
 - 7.7 sampai 65 mm Hg
- Dalam bilik depan dengan lensa kontak:
 - 6 sampai 27.73 mm Hg

(Hamano *et al.* 1986, Fatt dan Lin 1985, Hamano 1985, Ichijima *et al.* 1998, Harvitt dan Bonanno 1996, Kwok 1985, Kleinstein *et al.* 1981, Stefansson *et al.* 1987, Barr dan Roetman 1974, Barr and Silver 1973, Hoper *et al.* 1989, Kleinstein *et al.* 1981, Stefansson *et al.* 1983, McLaren *et al.* 1998).

Mata Terbuka, Kucing:

- Dalam bilik depan :
 - 30 sampai 37 mm Hg
- Dalam bilik depan dengan lensa PMMA :
 - 13 mm Hg

(Fatt *et al.* 1982, Kwok 1985, Stefansson *et al.* 1983).

Mata terbuka, monyet:

- pO_2 bilik depan :
 - 41.5 sampai 13.9 mm Hg tergantung posisi sensor

(Hoper *et al.* 1989).

Mata tertutup, Manusia:

- Pada tengah kornea:
 - 50 sampai 67 mm Hg
- Dalam bilik depan:
 - 55 mm Hg (Ruben, 1975).
- Dibawah lensa kontak:
 - 0 sampai 35 mm Hg

(Kwan dan Fatt 1970, Benjamin 1982, Fatt dan Bieber 1968, Fatt dan Lin 1985, Fatt 1987, Benjamin 1994, Ruben 1975, O'Neal *et al.* 1983, Ichijima *et al.* 1998).

Mata tertutup, Kelinci:

- Dalam bilik depan:
 - 8.7 mm Hg
- Dalam bilik depan dengan lensa RGP:
 - 5.1 sampai 12.9 mm Hg

(Barr dan Silver 1973, Hamano *et al.* 1986).

Anoksia Bagian Luar, manusia:

- Dibawah kelopak:
 - 42.8 mm Hg

(Efron dan Carney, 1979)

Anoksia bagian luar, kelinci:

- pO_2 bilik depan:
 - 9.6 ± 2.9 mm Hg

(Barr dan Silver 1973).

II Pengukuran Permintaan Oksigen Kornea

19

TEKNIK PENGUKURAN

Invasif:

- Sensor polarographic (daya serap oksigen)
- Cadangan glikogen
- Mitosis sel
- Hilangnya kepekaan (aesthesiometri)

98100-10S.PPT



6L198100-10

20

TEKNIK PENGUKURAN

Non-invasif:

- Pembengkakan kornea (pakometri, goggle)
- Perubahan kornea (slit-lamp biomicroscopy)
- Redox fluorometri

98100-65S.PPT



6L198100-77

21

KONSUMSI OKSIGEN

- Pengukuran flux oksigen melalui interfase airmata-epitel
- Elektroda micro-polarographic
 - peka terhadap oksigen
 - tutup membran (polyethylene)
 - mengukur konsumsi O₂ pada epitel

98100-11S.PPT



6L198100-11

Pengukuran Permintaan Oksigen Kornea

Tersedia beberapa teknik untuk mengukur permintaan oksigen di kornea dan menilai efek hipoksia pada struktur dan fungsi kornea.

Beberapa dari teknik ini, mis. mengukur kadar mitosis sel epitel, hanya tersedia sebagai alat riset laboratorium. Teknik yang digunakan juga digolongkan sebagai invasive atau non-invasive. Invasif diartikan sebagai teknik yang menyentuh mata atau memerlukan spesimen biopsy mata yang akan 'ditanam'. Non invasif adalah metode yang menggunakan pendekatan 'lihat tetapi tidak sentuh'.

Secara klinis, slit-lamp biomikroskop memungkinkan praktisi lensa kontak untuk mengamati efek persediaan oksigen yang berkurang pada mata dengan cara sederhana non-invasive.

Seringkali, teknik klinis adalah kualitatif dari kuantitatif, yaitu hanya deskripsi dan bukan hasil jumlah atau hitungan yang digunakan untuk menjelaskan suatu pengamatan. Hal ini disebabkan teknik yang digunakan adalah sederhana, lebih cepat, mudah dilakukan, lebih murah dan mudah untuk dimengerti.

Pengukuran Konsumsi Oksigen Kornea

Aktifitas metabolisme normal kornea tergantung pada persediaan oksigen yang cukup dari atmosfer. Flux oxygen didorong kedalam kornea oleh kebutuhan kadar metabolisme basal. Keadaan stabil dipertahankan jika tidak terjadi perubahan dalam penyediaan oksigen.

Pengukuran kadar dimana oksigen diserap oleh kornea adalah dengan alat sensor polarographic tipe kecil Clarke (Clarke, 1952-1956, lihat Fatt, 1976). Tipe sensor ini pertama kali digunakan pada kornea oleh Hill dan Fatt (1963).

II.A Sensor Oksigen Polarographic

22

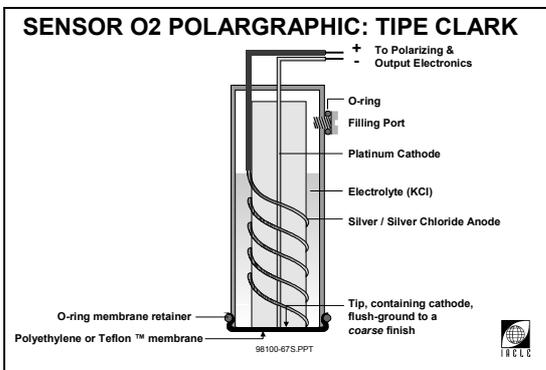


6L10906-99

Sensor Oksigen Polarographic Tipe-Clark

Alat ini berisi cairan (elektrolit), dilapisi membran, bipolar, elektroda polarographic yang diciptakan oleh Clark pada tahun 1952. Secara umum, kedua elektroda (katoda dan anoda sebagai elektroda referensi dan kedua ini disebut bipolar) yang diperlukan, dipasang bersampingan dan kombinasi ini dipisahkan dari zat cair atau gas untuk diukur dengan membran yang dapat ditembus oksigen. Membran ini bertindak sebagai penghalang terhadap semua spesies kimia penting lainnya (Fatt, 1976). Membran asli menggunakan polyethylene tetapi polimer lain yang juga dipergunakan termasuk Cellophane™, Teflon™, dialysis tubing, polypropylene dan siloxane rubber.

23



6L198100-6?

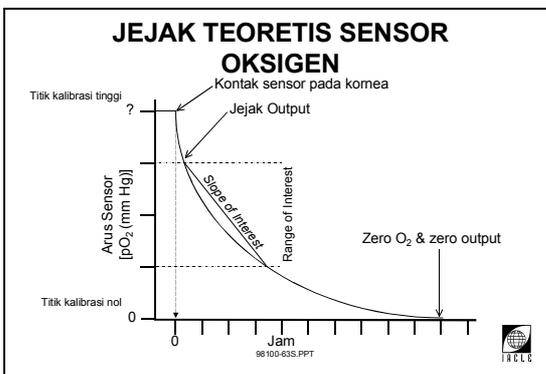
Umumnya bahan elektroda adalah platinum (katoda negatif) dan perak/perak klorida (anoda positif). Meskipun metal sejati lain seperti emas, rhodium dan perak juga dipergunakan, metal ini digunakan bersamaan dengan timah hitam anoda.

Slide 22 menunjukkan Radiometer E5047 sensor oksigen.

Umumnya, potasium chlorida (KCL) sebagai elektrolit digunakan dengan konsentrasi antara 0,1 dan 0,5 molar. Potasium hydroxide (KOH) dan larutan penyangga borat, juga digunakan. Jika elektrolit tidak mempunyai dasar borat, maka ia harus diberi penyangga ini untuk membantu stabilitas larutan.

(Catatan: Satu molar (1M) larutan sama dengan satu liter (1L) larutan yang berisi satu mole (pelarut dengan berat molecular 1 gram).

24



6L198100-63

Pemisahan elektroda berhasil dengan menggunakan glass (paling umum) dan dengan beberapa getah (resin) epoxy. Resin epoxy lain tidak sesuai karena mereka dapat berhidrasi dan memberi jalur alternatif untuk konduksi. Untuk mencapai elektrolit "bridging" antara elektroda ketika membrane meregang terlalu ketat antara kombinasi elektroda, permukaan membran dikasarkan atau dengan menggunakan kertas nasi, kertas filter atau bahan berlubang yang sama.

Karakteristik utama elektroda oksigen polarographic pada dasarnya adalah hubungan liner antara arus elektroda dan tekanan sebagian oksigen. Akan tetapi, kebanyakan elektroda bukan semua yang linear terhadap jangkauan kerja dan semua ini perlu dikalibrasi pada dua titik didalam jangkauan pengukuran yang diinginkan. Hanya dengan cara ini hasil tekanan sebagian oksigen dapat diperoleh dengan tepat.

Bukti teoritis tentang sensor oksigen polarographic diperlihatkan pada slide 24.

25

SENSOR OKSIGEN POLAROGRAPHIC PERIPER

- Unit Polarizing
- Alat output (atau interfase)
 - display penting (analog atau digital)
 - output ke logger data eksternal:
 - alat catat grafis
 - komputer

98100-54S.PPT



6L198100-56

Sensor Oksigen Polarographic: Periper

Selain dari elektroda oksigen itu sendiri, unit polarisasi luar (sumber energi listrik) dan alat output atau interfase juga diperlukan.

Persediaan voltase konstan polarizer antara 0,5-1,0 volt untuk elektroda, meskipun kebanyakan beroperasi antara 0,6 dan 0,8 volts. Hasil yang baik didapatkan jika alat polarisasinya adalah autosensing dimana ia mempertahankan voltase konstan dalam keadaan jangkauan pengukuran yang lebih besar.

Alat output dapat menyakurkan arus elektroda kedalam bentuk kegunaan yang besar. Bentuknya adalah seperti berikut:

- amplified (besar) arus
- Voltase

Pembacaan langsung tentang tekanan oksigen (setelah dikalibrasi semestinya).

26

SENSOR OKSIGEN POLAROGRAPHIC PERSYARATAN DASAR

- Arus yang dapat direproduksi untuk pO₂ tertentu
- Waktu menetap yang cepat ketika pO₂ stabil
- Respon cepat terhadap perubahan pada pO₂
- Arus konstan untuk pO₂ konstan

98100-53S.PPT

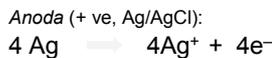
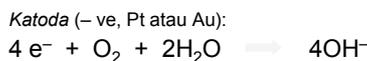


6L198100-55

Sensor Oksigen Polarographic: Persyaratan Dasar

27

SENSOR OKSIGEN POLAROGRAPHIC SIFAT KIMIAWI e = electron



98100-55S.PPT



6L198100-57

Sensor Oksigen Polarographic: Kimia

Dengan menggunakan voltase polarisasi pada sensor oksigen, oksigen dalam elektrolit atau oksigen yang masuk kedalam elektrolit dari lingkungan luar melalui membran sensor, akan berubah menjadi ion hydroxyl (OH⁻) pada katoda (-ve). Pada dasarnya empat elektron yang dibutuhkan untuk konversi ini yaitu 2 molekul air menjadi 4 ion hydroxyl, dicukupi oleh kejadian reaksi yang berhubungan pada anoda (+ve). Anoda perak mengalami proses ionisasi menjadi ion perak (Ag⁺) dengan lepasnya elektron (Hamano *et al.* 1985 dan Fatt 1992).

Untuk memelihara keseimbangan elektrokimia, jumlah electron yang sama terlibat pada setiap elektroda, misalnya anoda menyediakan kadar electron yang sama seperti katoda menggunakan /membutuhkannya.

Lebih banyak oksigen yang tersedia, lebih cepat kadar konversi oksigen kedalam ion hydroxyl (dengan adanya air) dan lebih banyak pemindahan elektron dari anoda ke katoda. Biasanya, pemindahan elektron ini diistilahkan sebagai 'arus' dan dalam sensor oksigen, arus ini proporsional

dengan tersedianya oksigen. Oleh sebab itu, sensor oksigen dapat merubah oksigen yang tersedia melalui membran dengan cepat menjadi arus yang dapat diukur.

Beberapa faktor eksklusif yang sama dalam desain sensor perlu dipertimbangkan. Besarnya arus berhubungan langsung dengan daerah permukaan elektroda. Akan tetapi, elektroda yang besar merubah oksigen dalam jumlah yang besar sehingga elektrolit berkurang atau berubah dengan cepat. Persoalan internal ini dapat mempengaruhi tingkat penyediaan oksigen dalam cairan yang akan diukur, karena konsumsi mungkin melebihi kadar kecepatan oksigen yang diteruskan dari membran ke elektroda.

Disebaliknya, walaupun elektroda yang kecil atau sangat kecil dapat menyelesaikan persoalan dalam konsumsi oksigen, arus yang kecil ini mempunyai kesulitan tersendiri. Ini termasuk rasio sinyal bunyi yang lemah dan perlunya alat tenaga canggih. Sensor kecil juga lebih mudah terpengaruh dengan perubahan suhu. Walaupun beberapa bentuk deteksi suhu dapat dipasangkan kedalam sensor yang lebih besar untuk memungkinkan kompensasi otomatis, tetapi hal ini lebih sulit dalam alat yang lebih kecil.

Persoalan elektroda lain adalah ketebalan membran. Seperti dengan lensa kontak, membran yang lebih tebal mempunyai transmibilitas gas yang lebih rendah. Faktor lain yang akan dibahas nanti adalah peranan membran sensor sebagai waduk gas (oksigen), dibatasi oleh volume. Membran tipis berisi sedikit cadangan oksigen, meskipun daya larut oleh oksigen dalam membran mempengaruhi volume oksigen yang disimpan.

Oleh karena itu, faktor membran merupakan faktor penting yang mempengaruhi kecepatan respon sensor secara keseluruhan, dan volume oksigen dalam waduk memainkan peranan penting dalam menetapkan konsumsi oksigen pada kornea.

Tebal membran polyethylene 12.5-13 µm, tebal Teflon™ 12-14 µm dan polypropylene 12.5 or 27 µm (Quinn 1981).

28

KALIBRASI SENSOR OKSIGEN POLAROGRAPHIC

- Siapkan tempat cuci mata dan jenuhkan dengan udara atau gas kalibrasi (5-10 menit)
- Rendam sensor dalam larutan pertama dan tunggu hasil bacaan yang stabil
- Catat hasil dan konsentrasi gas (oksigen)
- Rendam sensor dalam larutan kedua dan ulangi proses
- Pindah sensor antara larutan yang di-tes untuk memastikan
- Jika puas, sensor siap dipakai

98100-56S.PPT



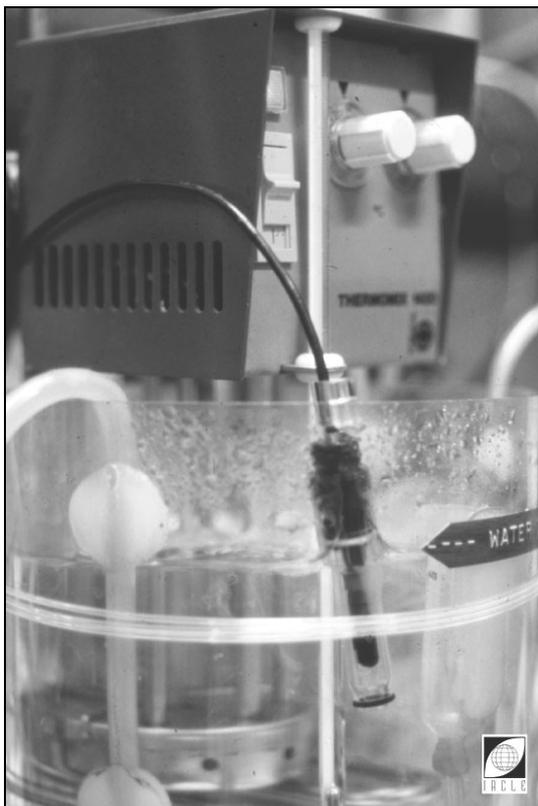
6L198100-58

Sensor Oksigen Polarographic: Kalibrasi

Pada dasarnya, kalibrasi sensor oksigen menggunakan proses 2 titik dengan titik nol yang berisi nitrogen – saline normal atau larutan berfungsi khusus yang digunakan sekali dengan oksigen nol. Dasar larutan ini adalah sodium hydrosulphite (Fatt, 1978) atau sodium sulphite dan sodium tetraborate (Odman *et al.* 1985).

Titik tertinggi dipilih untuk memutuskan nilai tertinggi dari penetapan yang dibuat. Umumnya nilai tertinggi untuk oksigen adalah 155 mm Hg, yang hasilnya menggunakan saline normal dan udara. Kalibrasi gas khusus yang lain dengan konsentrasi oksigen yang lebih rendah dapat (keseimbangannya biasanya tingkat-makanan atau nitrogen) diberikan

29



6L10905-99

dengan udara yang jenuh jika diantisipasi nilai jangkauannya kecil. Lebih dekat jangkauan kalibrasi dengan jangkauan sebenarnya, maka hasil akan lebih akurat.

Kalibrasi larutan yang jenuh dapat dicapai dengan proses bergelombang kuat dari gas yang dikalibrasi melalui larutan untuk waktu tertentu misalnya 10-30 menit atau lebih tergantung pada volume larutan yang dikalibrasi. Untuk ini suhu dipertahankan pada suhu mata normal agar dampak panas/thermal akibat perbedaan suhu, dapat dihindari.

Biasanya, membran baru dipasang untuk setiap seri pengukuran yang berlangsung sehari – hari, atau untuk tiap sesi pengukuran, dimana hal ini ditentukan oleh pengalaman dan tingkah laku sensor.

Untuk kalibrasi, sensor diturunkan kedalam larutan yang akan diuji sampai panjang anoda dapat terlihat (panjang anoda biasanya relatif pendek). Sekali tenaga sensor stabil, maka hasil dicatat terhadap konsentrasi oksigen yang diketahui.

Pada kasus larutan dengan nol-oksigen yang biasanya diberikan dalam tempat glass (vial) yang tertutup, langkah menaikkan suhu perlu dilakukan agar sama dengan larutan kalibrasi yang lain. Hal ini dicapai dengan merendamkan vial yang belum dibuka dalam larutan kalibrasi yang lain dan mengguncangnya.

Sekali elektroda terendam dalam larutan oksigen-nol untuk dikalibrasi dengan titik nol, hal yang diperbolehkan adalah mengaduk dengan lembut agar dapat mencegah udara dari masuk kedalam larutan sehingga tidak terjadi kesalahan pada hasil catat.

Suhu mata adalah pokok pembahasan. Kebanyakan laporan menempatkan nilai rata-rata – rata antara 34 and 36°C. Pada beberapa studi oleh Bruce (1991), batas nilai adalah dari 33.8 – 36.6°C. Nilai untuk saline bath perlu dipilih dalam batas ini dan dikontrol dalam $\pm 1^\circ\text{C}$ dalam semua prosedur. Detail yang lebih lanjut tentang suhu kornea tampil pada kuliah 1.1. bagian II.A.5.

Pengecekan/kalibrasi ulang secara rutin selama sesi pengukuran juga merupakan hal yang bijaksana.

Observasi yang dibuat selama penggunaan harus memberi indikasi apakah perlu dirubah elektrolit dan/atau membersihkan dan memperbaiki elektroda pada sensor.

Jika respon sensor sangat lambat, hasil seterusnya tidak dapat diterima. Jika perlu, membran sensor diganti, elektrolit dirubah atau elektroda dibersihkan dan atau diperbaiki sesuai dengan instruksi pabrik.

II.B Mengukur Konsumsi Oksigen

30

**KONSUMSI OKSIGEN
PADA KORNEA
TEKNIK**

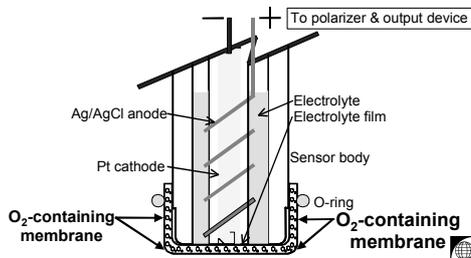
- Membran terjenuh dengan air
- Sensor diletakan pada kornea
- O₂ mendifusi kedalam bagian luar kornea
- Kadar habisnya O₂ dari membran diperhitungkan



6L198100-12

31

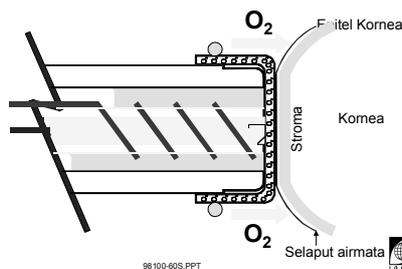
**SENSOR OKSIGEN :
WADUK MEMBRAN**



6L198100-60

32

**SENSOR OXYGEN
SAAT PENEMPATAN**



6L198100-61

33



6L10902-99

Konsumsi Oksigen Kornea: Teknik

Teknik yang paling umum digunakan untuk mengukur kadar penyerapan oksigen oleh kornea dipelopori Hill dan Fatt (1964). Metode ini melibatkan sensor oksigen yang dikalibrasi, dimana waduk membran telah dimuat dengan tingkat oksigen atmosfer yang normal (slide 31 dan 32), dan ini akan diletakan pada kornea (slides 33 dan 34).

Oksigen dari waduk membran mendifusi kedalam sel epitel dengan kecepatan yang sangat dipengaruhi oleh kebutuhan proses metabolime dalam sel epitel (lihat diskusi kemungkinan dalam Hill dan Fatt 1963).

Dengan adanya alat ini pada kornea akan membatasi oksigen dari atmosfer ke kornea, seperti fakta yang telah dipastikan oleh penipisan oksigen yang cepat dari membran. Penipisan ini diukur sebagai penurunan cepat pada arus sensor oksigen yang mengindikasi penyediaan oksigen yang sedikit dalam alat sensor oksigen setelah tahap waktu yang pendek (slide 35).

Pengisian oksigen dilakukan dengan mengimbangkan sensor dalam larutan saline normal yang jenuh dengan udara dan larutan ini dipertahankan pada suhu mata (slide 29). Dengan ini waduk membran sama dengan pO₂ 155 mm Hg.

Sering kali, faktor fisik, suhu dan faktor penempatan/difusi menyebabkan ketidaktepatan pada pencatatan pertama. Untuk menghindari hal ini, analisa hasil catatan ditunda sampai tekanan oksigen yang tercatat itu mencapai 140 mm Hg dan ini dihentikan apabila tekanan adalah 40 mm Hg contohnya. Oleh karena itu, kisaran catatan 100 mm Hg pO₂ digunakan dalam hal ini.

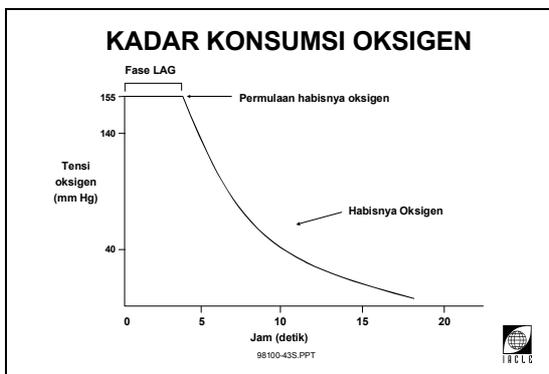
Pengembalikan data ke waktu nol dapat digunakan untuk memperkirakan keadaan fisiologis pada waktu akan dimulai pencatatan data. Proses ini dipermudahakan dengan menggunakan analisis regresi pada komputer.

34



6L1802-92

35



6L198100-43

36

**KONSUMSI OKSIGEN
PADA MANUSIA
HASIL**

- Perbedaan antara individu besar
- Rata-rata = $4.8 \mu\text{l} / \text{cm}^2 / \text{h}$
 - kisaran: $3.2 - 7.2 \mu\text{l} / \text{cm}^2 / \text{h}$ (Hill & Fatt, 1963)
 - kisaran: $3 - 9 \mu\text{l} / \text{cm}^2 / \text{h}$ (Larke *et al.*, 1981)

98100-13S.PPT

6L198100-13

37



6L10903-9

Konsumsi Oksigen oleh Kornea Manusia

Hasil riset yang intensif menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang besar antara individu (Benjamin dan Hill 1988, Mandell 1988, Lin 1992) dan dalam individu (Lin 1992).

Sementara mungkin saja perbedaan ini disebabkan metodologi eksperimen yang berbeda tetapi dalam banyak aspek fisiologis manusia menunjukkan perbedaan yang besar pada individu. Kemungkinan konsumsi oksigen oleh kornea merupakan salah satu dari aspek itu.

Perbedaan antara individu perlu diperhatikan ketika memasang dan menilai unjuk kerja klinis lensa kontak.

38

EKSPERIMEN DENGAN GOGGLE

- Lingkungan luar mata dikontrol
 - tingkat oksigen
 - suhu
 - kelembaban
- Kisaran konsentrasi oksigen
- Pengukuran pembengkakan kornea
 - pakometri

98100-14S.PPT



6L198100-14

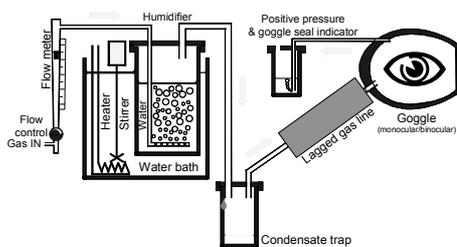
39



6L10901-99

40

**EKSPERIMEN DENGAN GOGGLE :
CARA KERJA GAS**



98100-58S.PPT



6L198100-59

Eksperimen dengan Goggles

Perubahan dalam lingkungan luar mata dapat mempengaruhi struktur dan fungsi normal kornea. Pengaruh ini dapat diukur atau dimonitor dengan instrumen seperti pachometer, fluorophotometer dan aesthesiometer. Instrumen ini akan dibahas dalam Kuliah 9.1.

Penggunaan goggle memungkinkan lingkungan di depan mata dirubah dan pengaruh perubahan ini pada kornea diperiksa.

Umumnya, goggle yang dipasang ketat digunakan dan (slide 39) unsure gas yang lembab pada suhu tetap dimasukan sehingga menghasilkan lingkungan luar mata buatan (slide 40 dan 41).

Hipoksia

Jika kornea dibuat dalam keadaan hipoksia, mis. dengan memakai lensa kontak atau dengan mengurangi konsentrasi O₂ dalam goggle, permintaan oksigen untuk kornea akan meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh akumulasi kebutuhan oksigen akibat penipisan penyediaan glikogen di kornea. Hal ini terjadi dan kornea dipaksa ke dalam mode penafasan anaerobic yang kurang efisien.

Jika sensor yang diimbangi oksigen diletakan pada kornea yang mengalami hipoksia, oksigen yang akan tembus (flux) dari waduk membran ke dalam kornea (melalui selaput airmata) akan lebih banyak daripada keadaan normoxic. Lebih besar kebutuhan, maka lebih banyak flux dari sensor ke dalam mata karena keduanya berhubungan langsung (Hill 1994).

Karena arus sensor adalah analog persediaan oksigen dalam sensor, penurunan cepat dalam arus sensor mengindikasi kehabisan oksigen dalam waduk membran. Oleh karena itu, secara tidak langsung, mungkin dapat diukur kekurangan oksigen pada kornea dengan menggunakan sensor oksigen yang dikalibrasi setelah kornea terpapar dengan gas atau pemakaian lensa kontak sehingga juga dapat diukur kecepatan penurunan arus sensor.

41



6L0904-99

42

PAKOMETRI KORNEA

- Sistem canggih dapat mengukur:
 - tebal epitel
 - tebal stroma
 - tebal total
- Pakometri optik adalah non-invasif
- Pakometri ultrasonik lebih umum digunakan pada bedah mata bagian luar, tetapi sentuhan diperlukan.

98100-15S.PPT



6L198100-15

Pengukuran Tebal Kornea dengan Pakometri

Perubahan ketebalan kornea dapat diukur dengan tepat secara optik dengan pakometri optik. Bersamaan dengan goggle, pakometer optik dapat digunakan untuk mengukur efek perubahan tebal kornea dengan lingkungan sekeliling mata.

Tersedia beberapa tipe system (lihat kuliah 9.1). Pakometer optik adalah tipe yang paling umum dipergunakan dalam riset klinik. Disebabkan pakometer ini mempunyai sistem optik, keuntungan utamanya adalah non-invasif. Selain alat ini, juga terdapat pakometer ultrasonik. Akan tetapi, kategori instrumen ini adalah invasive karena sentuhan pada kornea diperlukan. Pakometri ultrasonik paling umum digunakan dalam bedah refraktif pada kornea.

43

**EKSPERIMEN GOGGLE
HASIL**

- Perubahan respon terhadap edema
- Edema plateaus setelah 4-5 jam
- Rata-rata, 10.1% dari oksigen diperlukan untuk mencegah edema (kisaran 7.5 - 21%)
- Pembengkakan 8% setelah 3 jam anoxia
- Hasil pemakaian lensa dapat > anoxia

98100-16S.PPT



6L198100-16

Hasil Eksperimen Goggle

Studi untuk mengukur besarnya edema kornea akibat kurangnya penyediaan oksigen ke mata dengan menggunakan pakometri menunjukkan terjadinya perbedaan yang cukup besar dalam kadar konsumsi oksigen antara individu.

Eksperimen utama oleh Holden *et al.* (1984) menunjukkan kondisi stabil pembengkakan kornea dicapai setelah terpapar pada tingkat hipoksia yang berbeda setelah 4-5 jam. Rata-rata 10.1% oksigen diperlukan untuk mencegah edema kornea pada para subjek.

Apabila lingkungan sekeliling kornea dibuat anoksik (100% humidified nitrogen), tingkat pembengkakan ditemukan sebesar 8% setelah 3 jam.

Menariknya, ketika sebuah lensa lunak dipakai dalam kondisi anoksik, tingkat pembengkakan yang lebih besar setelah diukur. Hal ini menunjukkan hipoksia yang berhubungan bukan hanya faktor satu-satunya yang menyebabkan edema kornea dengan pemakaian lensa kontak (Sweeney 1991).

III Persentase Oksigen Ekuivalen

44

PERSENTASE OKSIGEN EKUIVALEN

- Kadar konsumsi mata yang normal (21% O₂) diukur
- Beberapa penentu konsumsi dilakukan setelah terpapar dengan gas hipoksik yang diketahui (termasuk nitrogen) dan gas ini disalurkan melalui goggle
- Kadar konsumsi O₂ diukur setelah pemakaian lensa
- EOP pemakaian lensa ditemukan dengan membandingkan hasil sebelum lensa dan hasil setelah gas disalurkan

98100-25S.PPT

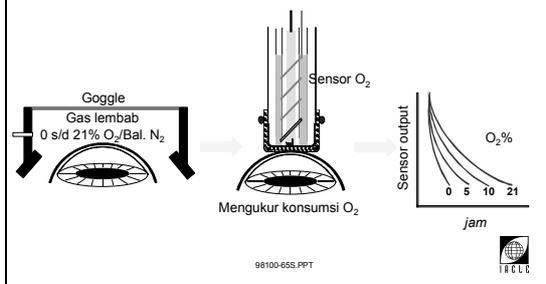


6L198100-25

45

TEKNIK EOP

Hill dan Jeppe, 1975



98100-65S.PPT

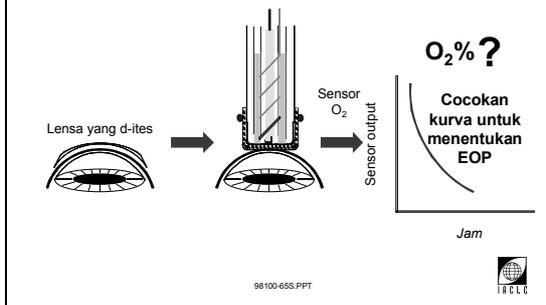


6L198100-72

46

TEKNIK EOP

Hill dan Jeppe, 1975



98100-65S.PPT



6L198100-73

Persentase Oksigen Ekuivalen

Secara tidak langsung teknik Persentase Oksigen Ekuivalen (EOP) mengukur lingkungan kornea dibawah lensa kontak dengan menentukan berapa konsentrasi oksigen, dalam gas hipoksik yang disalurkan ke kornea melalui goggle dan menghasilkan respon kornea yang sama seperti jika ada lensa.

Dalam teknik EOP, analog dari respon kornea adalah konsumsi oksigen oleh kornea. Hal ini ditentukan oleh penurunan tenaga pada sensor oksigen setelah sensor diletakan pada kornea.

Apabila kadar konsumsi yang dicatat setelah pemakaian lensa kontak sesuai dengan curva yang digambarkan setelah paparan kornea dengan gas hipoksik, persentase oksigen ekuivalen (EOP) dibawah lensa diartikan sebagai tingkat O₂ yang ada dalam gas hipoksik. Hal ini disebabkan kornea mempunyai 'respon oksigen ekuivalen' (Hill dan Jeppe, 1975).

Metode untuk mengukur EOP diciptakan oleh Hill dan Fatt (1963), dan metode ini menggunakan sensor oksigen polarografik tipe Clarke untuk mengukur kadar konsumsi oksigen oleh kornea.

Sedangkan Dk dan Dk/t adalah *in vitro* atau metode laboratorium yang menilai unjuk-kerja oksigen bahan lensa, teknik EOP adalah *in vivo* atau metode klinis menilai indikator unjuk-kerja yang berhubungan.

Metode EOP yang digunakan adalah seperti berikut:

- Pertama, kadar konsumsi oksigen oleh kornea ditentukan dibawah kondisi atmosfir normal yaitu normoxia.
- Lalu lensa kontak dipakai untuk waktu yang ditetapkan, sehingga terjadi hipoksia kornea akibat pemakaian lensa.
- Segera setelah lensa dilepas, kadar penyerapan oksigen pada kornea diukur (slide 46).
- Beberapa studi mengenai hipoksia yang menggunakan unsur gas yang diketahui melalui goggle telah dilakukan pada mata yang sama dan kadar konsumsi O₂ diukur segera setelah setiap gas. Sekali kurva konsumsi untuk setiap gas digambarkan (slide 45), maka kurva tersebut dapat digunakan untuk perbandingan dengan data sebelum pemakaian lensa.

Terdapat dua tipe dasar penentu EOP: statis dan dinamis. Penentuan statis melibatkan kondisi stabil yaitu hasil pemakaian lensa tanpa pompa airmata akibat kedipan. Bentuk pengukuran EOP mempunyai hubungan kecil dengan hasil yang telah diperhitungkan dari Dk/t lensa. Akan tetapi, seperti yang telah ditekankan oleh Hill (1988), EOP bukan Dk atau nilai Dk/t.

EOP secara dinamis tidak bisa dibandingkan langsung dengan hasil Dk/t karena Dk/t tidak mempertimbangkan efek dari pompa airmata. Perbedaan antara hasil EOP statis dan dinamis paling besar dengan lensa kontak RGP karena pompa airmata dengan RGP sangat besar (Hill, 1994).

47

PERSENTASE OKSIGEN EKUIVALEN KELEBIHAN

- Pengukuran *In vivo*
- Ditentukan oleh 'haus terhadap oksigen'
- Lingkungan pemakaian lensa
- Perbandingan lensa lunak vs RGP mungkin

98100-26S.PPT



6L198100-26

Keuntungan Mengukur Persentase Ekuivalen Oksigen

Dukungan menegaskan teknik EOP mempunyai beberapa hal yang lebih menguntungkan dari teknik lain dalam menentukan tingkat oksigen dibawah lensa kontak. Keuntungan itu adalah:

- Teknik ini adalah pengukuran *in vivo* pada jaringan hidup dan disebabkan ini maka informasi fungsi kornea yang lebih tepat diperoleh.
- Hasil pengukuran konsumsi oksigen oleh kornea menunjukkan kebutuhan, kekurangan oksigen pada kornea.
- Lensa dipakai dalam lingkungan yang normal sehingga semua efek pada kornea berhubungan dengan lensa saja.
- Tipe lensa apa saja dapat dipasang dan penilaian efek tentang kadar konsumsi oksigen dilakukan. Hal ini memungkinkan perbandingan langsung tentang LKL dan RGP.

Keuntungan selanjutnya adalah:

- Dalam studi, terdapat kontrol angka kedip selama pemakaian lensa. Hal ini memberi kesempatan untuk memeriksa efek kedipan terhadap penyediaan oksigen dibawah lensa, mis. kondisi statis *versus* dinamis atau kedipan sering *versus* kedipan yang jarang.
- Kondisi dinamis sangat penting untuk lensa RGP karena pertukaran airmata pada setyiap kedipan. Kedipan mempunyai efek yang lebih sedikit pada LKL. Korelasi yang tinggi terjadi antara Dk/t yang diukur dan EOP.
- Untuk bahan apa saja, curva EOP dapat diperoleh dengan melakukan tes pada beberapa lensa dengan ketebalan yang berbeda-beda. Curva ini memungkinkan klinisi untuk memilih tebal lensa yang akan menyediakan oksigen yang cukup dalam kondisi pemakaian yang berbeda seperti pemakaian perpanjangan atau terusan.

48

PERSENTASE OKSIGEN EKUIVALEN KELEBIHAN

- Angka nilai statis vs dinamis
- Korelasi antara transmisibilitas lensa kontak (Dk/t) dan EOP
- Dapat menggambarkan curva EOP bahan

98100-27S.PPT



6L198100-27

49

**PERSENTASE OKSIGEN EKUIVALEN
KEKURANGAN**

- Kadar konsumsi O₂ bukan hanya dipengaruhi oleh pemakaian lensa kontak
- Potensi kesalahan
- Asumsi yang tidak sah
- Hubungan dengan teknik pengukuran lain tidak langsung

98100-28S.PPT



6L198100-28

Kelemahan Mengukur Persentase Oksigen Ekuivalen (EOP)

Beberapa kelemahan teknik EOP perlu dipertimbangkan ketika menginterpretasi data mengenai berbagai lensa dan kondisi pemakaian. Hal ini termasuk:

- Kadar penggunaan oksigen oleh kornea mungkin dipengaruhi bukan hanya oleh transmisibilitas lensa kontak. Faktor lain seperti perubahan osmolaritas, suhu dan tekanan letak dari alat dapat mempengaruhi pengukuran.
- Kesalahan metodologis dapat mempengaruhi hasil pengukuran EOP. Hal ini dapat terjadi selama proses dan melibatkan sensor, penggunaan lensa kontak dan sistim pencatatan.
- Beberapa asumsi telah dibuat yang mungkin tidak sah. Hal ini termasuk:
 - Aliran oksigen yang stabil tercapai
 - Waktu tunda meletakkan sensor ke kornea tidak penting
 - Pengukuran tunggal sudah cukup.
- Mungkin tidak ada hubungan langsung antara teknik EOP dan sistim pengukuran lain dalam mengevaluasi transmisibilitas oksigen lensa kontak. Keabsahan perbandingan ini perlu dievaluasi mengikuti setiap kasus.
- Perbedaan individu menurut waktu tidak penting.

50

EOP vs Dk/t

$EOP = 1.56 \times 10^8 (Dk/t) + 1.89$
Efron & carney, 1981

$EOP = 2.06 \times 10^8 (Dk/t) - 0.07$
Fatt & Chaston, 1982

Mata terbuka $EOP = 7.2 \times 10^8 (Dk/t) - 0.50$

Mata tertutup $EOP = 1.4 \times 10^8 (Dk/t) - 0.27$
Roscoe, 1984

$EOP = 6.915 \times \ln (Dk/t \times 10^9) - 9.778$
Holden dan Mertz, 1984

98100-57S.PPT



6L198100-62

EOP versus Dk/t : Perbandingan

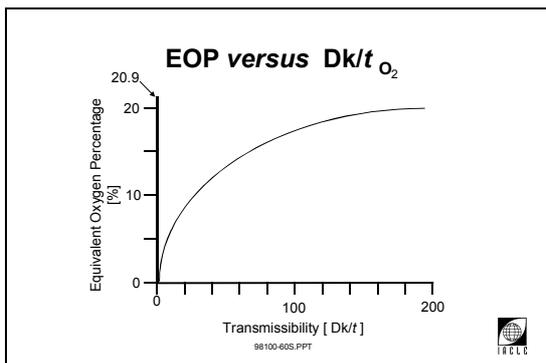
Karena terdapat dua cara untuk mempelajari unjuk kerja oksigen dari lensa kontak, yaitu Dk/t dan EOP, maka sangat logis perbandingan dilakukan antara dua cara tersebut untuk menentukan hubungan antara mereka. Dengan menggunakan hubungan itu, maka secara teriotis mungkin dapat diperkirakan nilainya dari yang lain.

Keberhasilan percobaan ini tidak dapat ditentukan dengan beberapa persamaan yang sangat jauh beda (lihat slide). Kenyataannya, terdapat banyak korelasi (Efron dan Carney 1981) atau korelasi kuat (Holden dan Mertz 1984) antara keduanya. Perbedaan ini disebabkan penggunaan hewan, jenis lensa, Dk bahan (tinggi, rendah atau gabungan) yang berbeda dan ini dibandingkan dengan kedipan populasi subjek yang diuji (lihat Fatt dan Chaston 1982, Efron dan Carney 1982).

Grafis EOP versus Dk/t dalam slide 51 adalah berdasarkan pekerjaan Hill secara umum dan Holden dan Mertz (1984), Hill (1988) dan Benjamin (1994).

Ketika lensa kontak berkekuatan tinggi dipakai, Dk/t adalah beda berdasarkan ketebalan umum sedangkan teknik EOP mempengaruhi beberapa efek tebal regional lensa. Perhatian diperlukan ketika menghitung dari data tebal tengah lensa (lihat Fatt *et al.* 1993, Fatt dan Ruben 1994).

51



6L98100-65

III.A Pembengkakan Kornea Akibat Lensa Kontak

52

PEMBENGGAKAN KORNEA LENSA LUNAK

- Pemakaian harian
- Pemakaian semalaman
- Tebal lensa, kadar air, BVP
- Pertukaran airmata minimal

98100-17S.PPT



6L198100-17

Pembengkakan Kornea Dengan Lensa Kontak Lunak

Sekarang ini, semua lensa kontak konvensional bertidak sebagai penghalang fisik terhadap oksigen yang tersedia di atmosfer sehingga tingkat oksigen yang tersedia untuk kornea berkurang.

Umumnya, dengan LKL konvensional, lebih tinggi kadar air, lebih tinggi permeabilitas oksigen dari bahan. Untuk kadar air yang tertentu, lebih tipis lensa, lebih tinggi transmisi oksigen ke kornea. Akan tetapi, pada pemakaian LKL, hanya ada pertukaran airmata yang minimal dengan setiap kedipan. Oleh karena itu, pertukaran airmata tidak memberi/menyediakan oksigen ke kornea selama pemakaian LKL.

Dengan adanya generasi LKL dengan bahan permeabilitas oksigen yang tinggi yaitu bahan yang mengandung siloxane atau fluoro-siloxane, persoalan unjuk kerja transmisibilitas oksigen dapat diselesaikan. Akan tetapi, penyediaan oksigen melalui pertukaran airmata kemungkinan tidak jauh berbeda dari lensa sebelumnya.

Biasanya, efek hipoksia pada kornea dengan pemakaian LKL lebih besar jika lensa dipakai lama. Pada pemakaian LKL secara harian, pasien yang menggunakan lensanya selama 7 hari per minggu, 16 jam per hari, akan memberi stress yang lebih banyak dari pasien dengan jadwal mingguan 6 hari dan hanya 12 jam per hari.

Stress hipoksia kronis bertambah lagi apabila LKL dipakai dengan jadwal pemakaian semalaman (EW). Hal ini disebabkan oleh edema kornea yang mengakibatkan pengurangan sebesar dua per tiga dari penyediaan oksigen pada mata tertutup. Pada EW, kornea terpapar pada tingkat oksigen yang sedikit pada siang hari (mata terbuka) dan tingkat oksigen yang sangat sedikit selama tidur (mata tertutup), yaitu kornea mungkin hipoksik (mata terbuka) atau lebih hipoksik (mata tertutup) apabila lensa dipakai. Faktor utama yang terlibat dalam edema kornea akibat lensa kontak adalah:

- Kadar air bahan
- Tebal lensa.

53

**PEMBENGGAKAN KORNEA
LENSA RIGID**

- Pemakaian harian
- Pemakaian semalaman
- Tebal lensa, bahan, BVP
- Dimodifikasi oleh pertukaran airmata

98100-18S.PPT



6L198100-18

Pembengkakan Kornea dengan Lensa RGP

Lensa RGP tidak begitu mengganggu persediaan oksigen ke kornea seperti halnya dengan lensa lunak konvensional. Hal ini disebabkan:

- Permeabilitas oksigen yang lebih tinggi dari bahan RGP.
- Ciri desain lensa seperti diameter total yang kecil.
- Karakteristik fitting seperti gerakan yang lebih banyak di mata.

Untuk bahan lensa yang tertentu, ciri desain lensa perlu dipertimbangkan. Lensa RGP yang tebal akan menyediakan sedikit oksigen ke kornea dibandingkan lensa yang tipis. Oleh karena itu, ciri desain lensa serta permeabilitas oksigen dari bahan, harus dipertimbangkan dengan teliti sebelum pasien dipasang dengan lensa RGP extended.

Keuntungan utama lensa RGP dari LKL adalah pertukaran airmata yang terjadi dengan setiap kedipan. Dengan cara ini, penyediaan airmata yang berisi oksigen dapat membantu transmisi oksigen melalui lensa. Pertukaran airmata juga memainkan peranan dalam melepaskan sel yang terkupas dari kornea dan beberapa sisa produk metabolisme kornea.

Manfaat transmisibilitas tinggi, pertukaran airmata yang banyak dan liputan kornea yang tidak penuh berarti oksigenasi kornea lebih tinggi dengan lensa RGP dari tipe lensa yang lain. Akibat ini edema kornea berkurang dan lebih banyak kasus pemakaian EW yang berhasil.

IV Efek Hipoksia	
<p>54</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;">EFEK HIPOKSIA KORNEA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aerobic glycolysis berkurang • Akumulasi laktat (stroma) • Stromal acidosis • Ketidakseimbangan osmotik • Oedema (pembengkakan) • Perubahan struktural <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-8S.PPT </p> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">6L198100-8</p>	<p>Efek Hipoksia Kornea</p> <p>Kurangnya persediaan oksigen untuk kornea mempunyai efek signifikan terhadap aktifitas metabolisme normal. Efek pada kornea berkisar dari ringan ke berat.</p> <p>Penilaian efek hipoksia pada mata memberi pengertian yang lebih baik tentang persyaratan oksigen untuk kornea. Beberapa studi <i>in vivo</i> coba mendefinisikan tingkat oksigen yang diperlukan kornea untuk mencegah terjadinya perubahan pada struktur dan fungsi.</p>
<p>55</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;">TENSI OKSIGEN DAN PERUBAHAN KORNEA</p> <p style="text-align: center;">Tingkat tensi oksigen berapa saja yang diperlukan untuk mencegah perubahan pada kornea manusia?</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-9S.PPT </p> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">6L198100-9</p>	<p>Tekanan Oksigen dan Perubahan Kornea</p> <p>Sebagian besar dari studi telah memeriksa efek perubahan tekanan oksigen kornea yang menyebabkan edema pada jaringan kornea.</p> <p>Efek lain dari persediaan oksigen yang berkurang termasuk perubahan pada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kadar mitosis epitel • Kepadatan dari serabut saraf akhir • Kesensitifan kornea • pH kornea.
<p>56</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;">MITOSIS EPITEL</p> <ul style="list-style-type: none"> • 9% dari oksigen diperlukan untuk mencegah: <ul style="list-style-type: none"> - supresi mitosis - akumulasi laktat dalam bilik mata depan <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-19S.PPT </p> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">6L198100-19</p>	<p>Persediaan Oksigen dan Mitosis Epitel</p> <p>Hamano (1985) menunjukkan bahwa ketika tingkat oksigen turun dibawah 9%, terjadi pengurangan pada konfigurasi mitosis epitel di mata kelinci jika dibandingkan dengan mata dalam grup kontrol.</p> <p>Metabolisme glukosa dalam kornea berhubungan dengan jumlah oksigen yang tersedia untuk jaringan. Hal ini dapat dihitung dengan melihat bertambahnya akumulasi asam laktat pada bilik depan mata apabila persediaan oksigen dikurangi. Untuk mencegah penimbunan asam laktat, Hamano (1985) menyarankan tingkat oksigen harus 9% atau lebih.</p>
<p>57</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;">SERABUT SARAF KORNEA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studi dengan hewan • Hipoksia mengurangi kepadatan serabut saraf • 9-10% O₂ diperlukan <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-20S.PPT </p> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">6L198100-20</p>	<p>Serabut Saraf Kornea</p> <p>Hamano (1985) juga memeriksa efek pemakaian lensa kontak extended pada serabutsaraf akhir seekor kelinci.</p> <p>Hipoksia menyebabkan berkurang pada kepadatan saraf akhir. Studinya menentukan tingkat oksigen sebesar 9-10% diperlukan untuk mempertahankan kondisi normal pada serabut saraf.</p>

58

KEPEKAAN KORNEA

- Ambang batas sentuh bertambah (kepekaan berkurang) dengan:
 - mata yang lama ditutup
 - pemakaian lensa kontak
 - hipoksia
- 8% O₂ diperlukan untuk mempertahankan ambang batas (threshold)

98100-21S.PPT



6L198100-21

Sensifitas Kornea dan Pemakaian Lensa Kontak

Kornea adalah jaringan yang paling banyak mengandung saraf dalam tubuh. Persarafan ini melindungi mata dengan membuat kornea menjadi sangat sensitif dan merespon terhadap benda asing, abrasi dll.

Millodot (e.g. 1984) telah mendemonstrasikan bahwa kornea dapat terpengaruh oleh beberapa kondisi dimana kemampuan kornea untuk bereaksi sangat berkurang. Ia memeriksa ambang sentuh kornea dengan menggunakan Cochet-Bonnet aesthesiometer dan ditemukan hipoksia kornea mengakibatkan bertambahnya nilai ambang sentuh. Efek seperti ini membuat kornea lebih rentan terhadap kerusakan parah seperti mekanisme pertahanan dan tidak terjadi atau berkurangnya reaksi.

Untuk rata-rata semua orang, oksigen yang minimal sebesar 8% diperlukan untuk mempertahankan tingkat kesensitifan normal atau mendekati normal (Millodot and O'Leary 1980).

59

pH KORNEA

- Pengukuran fluorometric
- pH berkurang dengan
 - mata tertutup
 - hipoksia
 - pemakaian lensa
- Respon bleb
- Untuk mempertahankan pH normal:
 - epitel: 21% O₂ diperlukan
 - endotel/aqueous: 8% O₂

98100-42S.PPT



6L198100-42

pH Kornea Dan Pemakaian Lensa Kontak

Bonanno dan Polse (1987b) mendemonstrasikan lingkungan stroma yang menjadi lebih asam (pH turun) pada beberapa keadaan termasuk pemakaian lensa kontak.

Terjadi perumusan tentang pengurangan (Holden *et al.* 1985) dan perubahan (Williams 1986) pada pH kornea akan menyebabkan respon bleb endotel. Perkiraan pada kelinci ditemukan bahwa Dk/t lebih dari 300 (x10⁻⁹) diperlukan untuk mencegah perubahan pH pada intrasellular epitel di mata yang terbuka (Giasson and Bonanno 1994). Hal ini menentukan hasil EOP kira-kira 21% (perhitungan menggunakan rumus Holden dan Mertz 1984, menunjukkan 25.5%, suatu ketidakmungkinan dibawah keadaan atmosfer normal). Hasil ini menyatakan ketidakbatasan terhadap oksigen dari atmosfer (lihat grafis dalam slide 51). Jika dibandingkan, hanya Dk/t sebesar 18 (x10⁻⁹) diperlukan untuk mencegah perubahan pH aqueous (Giasson dan Bonanno 1994). Hal ini menyatakan, hanya kira-kira 8% EOP diperlukan.

60

MATA TERTUTUP

- Penyediaan oksigen berkurang (palpebra konjungtiva)
- Efek tutup sebagian dari kelopak mata?
- Osmolaritas airmata menurun
- Tensi CO₂ naik
- pH airmata dan stroma berkurang
- Suhu kornea naik (37°C)

98100-22S.PPT



6L198100-22

Efek dari Mata Tertutup

Ketika kelopak mata terbuka, oksigen yang tersedia dalam jumlah besar untuk kornea berasal dari atmosfer.

Selama tidur dan kelopak tertutup terjadi perubahan yang besar dalam lingkungan mata.

Perubahan utama adalah berkurangnya persediaan oksigen untuk kornea. Ketika kelopak tertutup, sumber utama persediaan adalah dari pembuluh darah di palpebra konjungtiva. Terdapat oksigen dari atmosfer yang mencapai kornea jika kelopak tidak tertutup sepenuhnya (lagophthalmos) dan juga oksigen dicukupi oleh pembuluh darah di konjungtiva bulbi.

	<p>Supaya hal ini lebih efektif, perlu adanya gerakan dari airmata. Gerakan mata secara cepat (REM) ketika tidur juga memungkinkan gerakan ini tetapi kemungkinan ini akan menghasilkan pertukaran airmata yang terbatas.</p> <p>Kelopak mata yang tertutup juga menyebabkan peningkatan dalam tingkat CO₂ pada kornea dan ini mengakibatkan tingkat pH berubah ke arah keasaman di airmata dan stroma. Osmolaritas airmata juga berkurang ketika tidur.</p>
<p>61</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">MATA TERTUTUP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensi oksigen kira-kira 55 mm Hg • Pembengkakan kornea kira-kira 3.5% setelah 8 jam (tanpa memakai lensa wear) • Bengkak membaik dengan cepat setelah mata dibuka <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-24S.PPT </p> </div> <p>6L198100-24</p>	<p>Pembengkakan Kornea dengan Mata Tertutup</p> <p>Dengan mata tertutup, tekanan oksigen bagian luar kornea turun dengan cepat sampai ke tingkat stabil kira-kira 55 mm Hg (untuk rincian lebih lanjut lihat slide 14 Kuliah ini). Keadaan hipoksia ini menyebabkan bengkaknya kornea.</p> <p>Literatur menyatakan jumlah rata-rata pembengkakan akibat mata tertutup selama 8 jam tanpa memakai lensa, adalah antara 3 dan 5.5% (mis. 3%: Sweeney 1991, 5.5%: Harper <i>et al.</i> 1996, studi lain juga antara batas –batas ini).</p> <p>Apabila mata terbuka setelah bangun tidur, edema kornea membaik dengan cepat dan tebal kornea kembali ke normal.</p>
<p>62</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">MATA TERTUTUP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktifitas metabolisme berubah? • Kebutuhan terhadap O₂ berkurang? <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-23S.PPT </p> </div> <p>6L198100-23</p>	<p>Mata Tertutup</p> <p>Kemungkinan, saat mata tertutup waktu tidur, terjadi aktivitas metabolis yang mengurangi penyediaan oksigen yang tersedia. Jika ini terjadi, sel ini dianggap mempunyai syarat oksigen yang lebih rendah dan secara efektif dapat berfungsi dengan O₂ yang sedikit.</p>
<p>63</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">PERUBAHAN STRUKTURAL PENGAMATAN DENGAN SLIT LAMP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edema epitel dan stroma <ul style="list-style-type: none"> - hilangnya sifat transparan • Mikrokista dan vakuola • Striae • Fold <p style="text-align: right; font-size: small;">98100-30S.PPT </p> </div> <p>6L198100-30</p>	<p>Hipoksia dan Perubahan Struktur pada Kornea</p> <p>Kedua hipoksia kornea jangka pendek dan kronis dapat mengakibatkan perubahan pada struktur dan fungsi jaringan kornea. Pada kebanyakan kasus, perubahan kecil dapat terlihat dengan slit lamp.</p> <p>Semua lapisan kornea dipengaruhi oleh hipoksia. Praktisi lensa kontak mesti mencari tanda-tanda hipoksia pada setiap pemeriksaan after-care (lihat Kuliah 4.4 dan 4.5 Module 7).</p>

64

**PERUBAHAN STRUKTURAL
PENGAMATAN DENGAN SLIT-LAMP**

- Bleb endotel
- Polimegatisme endotel
- Vaskularisasi

98100-31S.PPT



6L198100-31

65

PERSYARATAN MINIMAL OKSIGEN

KRITERIA	MINIMAL O ₂ (%)
• Pembengkakan Kornea	• DW: 9.9%, EW: 17.9%
• Mitosis epitel	• 13.2%
• Penyembuhan epitel	• 10.4%
• Kepekaan kornea	• 7.7%
• Kehabisan glikogen	• 5%
• Bleb endotel	• 15-16.6%
• Kepadatan serabut saraf	• 9-10%
• Kemauan alam	• 20.946% ±0.002%

98100-60S.PPT



6L198100-66

Persyaratan Oksigen: Ringkasan

Tingkat oksigen minimum yang diperlukan oleh mata adalah kira-kira 20,95%, yaitu tingkat oksigen umumnya yang tersedia diatas permukaan laut.

Akan tetapi banyak masyarakat hidup dalam lingkungan dimana tersedia tingkat oksigen yang kurang karena tempat tinggal mereka terletak di daerah yang tinggi. Selanjutnya, untuk satu per tiga dari hidup kita, bagian luar mata hanya diekspos ke satu per tiga tingkat oksigen selama mata tertutup dan tidur.

Oleh sebab itu, mungkin lebih tepat dipikirkan tentang nilai minimal yang dikehendaki dari nilai minimum absolut, meskipun hasil banyak studi menetapkan nilai minimal berdasarkan hasil studi mereka dan perbedaan individu. Hasil ini dibatasi oleh desain studi, keterbatasan rangsangan, subjek bukan manusia dan seringkali kurang penerapan terhadap lingkungan yang nyata.

Daripada menggunakan istilah tingkat 'minimum', mungkin kita harus menggunakan istilah 'optimum', 'ideal', 'rekomendasikan' atau tingkat minimum 'kritisal' seperti yang digunakan oleh beberapa pengarang. Fatt menggunakan istilah 'persyaratan oksigen kritisal' atau COR.

Rekomendasi dari beberapa studi tidak dapat diterapkan dengan terlalu keras karena nilai mereka melebihi tingkat oksigen yang tersedia di daerah tinggi yang ada di dunia. Penduduk di daerah seperti itu tampak sehat walaupun ada kekurangan oksigen.

Kepustakaan

- Barr RE *et al.* (1977). *Diffusion of oxygen at the endothelial surface of the rabbit cornea*. J. Physiol. 270: 1-8.
- Barr RE, Roetman EL (1974). *Oxygen gradients in the anterior chamber of anaesthetised rabbits*. Invest Ophthalmol. 13(5): 386-389.
- Barr RE, Silver IA (1973). *Effects of corneal environment on oxygen tension in the anterior chambers of rabbits*. Invest Ophthalmol. 12(3): 140-144.
- Benjamin WJ (1994). *EOP and Dk/L. Part I: Defining the ranges of oxygen transmissibility*. ICLC. 21(6): 243-245.
- Benjamin WJ (1994). *Oxygen transport through contact lenses*. In: Ruben M, Guillon M (Eds.), *Contact Lens Practice*. Chapman & Hall, London.
- Benjamin WJ, Hill RM (1988). *Human cornea: individual responses to hypoxic environments*. Graefes Arch Ophthalmol. 226(1): 45-48.
- Bonanno JA, Polse KA (1987a). *Measurement of in vivo human corneal stromal pH: Open and closed eyes*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 28: 522-530.
- Bonanno JA, Polse KA (1987b). *Corneal acidosis during contact lens wear: Effects of hypoxia and CO₂*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 28: 1514-1520.
- Brennan N, Coles C (1998). *The cornea, contact lenses and oxygen. Part 2: Critical oxygen needs*. Optician 215(5645): 26-28.
- Bruce AS (1991). *Assessment of Corneal Function During Extended Wear of Hydrogel Contact Lenses*. PhD Thesis. School of Optometry, University of Melbourne, Melbourne.
- Clark LC (1956). *Trans Am Artif Intern Organs*. 2(41): 14, 25, 141, 211. (In: Fatt, I: 1976).
- Efron N, Carney LG (1979). *Oxygen levels beneath the closed eyelid*. Invest Ophthalmol. 18(1): 93-95.
- Efron N, Carney LG (1981). *Oxygen performance of contact lenses: A human eye model*. ICLC. 8(2): 17-18.
- Efron N, Carney LG (1982). *Clinical implications*. ICLC. 9(2): 120.
- Fatt *et al.* (1974). *Oxygen tension distributions in the cornea: A re-examination*. Exp Eye Res. 18: 357-305.
- Fatt *et al.* (1993). *Areal differences in oxygen supply to a cornea wearing an optically powered hydrogel contact lens*. CLAO J. 19(4): 226-234.
- Fatt I (1968). *Steady-state distribution of oxygen and carbon dioxide in the vivo cornea. Part II. The open eye in nitrogen and the covered eye*. Exp Eye Res. 7: 413-430.
- Fatt I (1976). *Polarographic Oxygen Sensors: Its Theory of Operation and its Application in Biology, Medicine, and Technology*. CRC Press Inc., Cleveland.
- Fatt I (1978). *Measurement of oxygen flux into the cornea by pressing a sensor onto a soft contact lens on the eye*. Am J Optom Physl Opt. 55(5): 294-301.
- Fatt I (1987). *Have we found the cornea's 'critical oxygen requirement'?*. Optician 194(5126): 17-21.
- Fatt I (1992). *Chapter 13: Oxygen transmission*. In: Bennett ES, Weissman BA, *Clinical Contact Lens Practice*. J B Lippincott Company, Philadelphia.
- Fatt I *et al.* (1969). *Steady-state distribution of oxygen and carbon dioxide in the in vivo cornea of an eye covered by a gas-permeable contact lens*. Am J Optom Arch Am Acad Optom. 46(1): 3-14.
- Fatt I *et al.* (1982). *Sources of oxygen in the anterior chamber*. Invest Ophth Vis Sci. (Suppl.) 22(3): 178
- Fatt I, Bieber MT (1968). *The steady-state distribution of oxygen and carbon dioxide in the in vivo cornea. Part I. The open eye in air and the closed eye*. Exp Eye Res. 7: 103-112.
- Fatt I, Chaston J (1982). *Measurement of oxygen transmissibility and permeability of hydrogel lenses and materials*. ICLC. 9: 76-88.
- Fatt I, Chaston J (1982). *Relation of oxygen transmissibility to oxygen tension or EOP under the lens*. ICLC. 9(2): 119-120.

- Fatt I, Lin D (1985). *Spatial distribution of oxygen in the cornea of a closed eye wearing a gas permeable contact lens*. *Curr Eye Res.* 4: 723-724.
- Fatt I, Ruben CM (1993). *A new oxygen transmissibility concept for hydrogel contact lenses*. *J Brit Cont Lens Assn.* 16(4): 141-149.
- Fatt I, Ruben CM (1994). *The point-to point variation of oxygen delivery to a cornea covered by a hydrogel contact lens in the open eye*. *ICLC.* 21(2): 50-56.
- Fatt I, St. Helen R (1971). *Oxygen tension under an oxygen-permeable contact lens*. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 48(7): 545-555.
- Giasson C, Bonnano JA (1994). *Corneal epithelial and aqueous humor acidification during in vivo contact lens wear*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 35: 851-861.
- Hamano H (1985). *Contact lens wear and corneal physiology*. *J Jpn Cont Lens Soc.* 27: 145-152.
- Hamano H *et al.* (1985). *Reproducible measurement of oxygen permeability (Dk) of contact lens Materials*. *CLAO J.* 11(3): 221-226.
- Hamano H *et al.* (1986). *Measurement of oxygen tension in anterior ocular segments via platinum microelectrode. Part II: In vivo measurement of oxygen tension on rabbit and human corneas under various gas-permeable hard lenses*. *J Jpn Cont Lens Soc.* 28: 51-57.
- Hamano H *et al.* (1986). *Measurement of oxygen tension in anterior ocular segments via platinum microelectrode. Part I: Preliminary experiment in vitro*. *J Jpn cont Lens Soc.* 28: 47-50.
- Harper CL *et al.* (1996). *Diurnal variations in human corneal thickness*. *Brit J Ophthalmol.* 80: 1068-1072.
- Harvitt DM, Bonanno JA (1996). *Direct noninvasive measurement of tear oxygen tension beneath gas-permeable contact lenses in rabbits*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 37(6): 1026-1036.
- Hill R (1976). *The cornea's need to breathe*. *ICLC.* 3: 60-61.
- Hill R (1988). *What is EOP?* *CL Spectrum.* 3(5): 34-36.
- Hill RM (1994). *Chapter 22: Oxygen Consumption and Measurement*. In: Ruben M, Guillon M (Eds.), *Contact Lens Practice*. Chapman & Hall Medical, London.
- Hill RM, Fatt I (1963). *Oxygen uptake from a limited volume reservoir by the in vivo human cornea*. *Science.* 142: 1295-1297.
- Hill RM, Fatt I (1964). *How dependent is the cornea on the atmosphere?* *J Am Optom Assn.* 35(10): 873-875.
- .Hill RM, Jeppe WH (1975). *Hydrogels: Is the pump still necessary?* *ICLC.* 2(4): 27-29.
- Holden BA *et al.* (1984). *The minimum precorneal oxygen tension to avoid corneal oedema*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 476-480.
- Holden BA *et al.* (1985). *Direct in vivo measurement of corneal epithelial metabolic activity using a polarographic oxygen sensor*. *Ophthalmic Res.* 17: 168-173.
- Holden BA *et al.* (1985). *The etiology of transient endothelial changes in the human cornea*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 26: 1354-1359.
- Holden BA *et al.* (1986). *The endothelial response to contact lens wear*. *CLAO J.* 12 (3): 150-152.
- Holden BA, Mertz GW (1984). *Critical oxygen levels to avoid corneal oedema for daily and extended wear contact lenses*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 1161-1167.
- Holden BA, Sweeney DF (1985). *The oxygen tension and temperature of the superior palpebral conjunctiva*. *Acta Ophthalmol.* 63: 100-103.
- Hoper J *et al.* (1989). *Oxygen delivery to the anterior change of the eye - a novel function of the anterior iris surface*. *Curr Eye Res.* 8(7): 649-659.
- Ichijima H *et al.* (1998). *Determination of oxygen tension on rabbit corneas under contact lenses*. *CLAO J.* 24 (4): 220-226.
- Kleifeld von O, Neumann HG (1959). *Der Sauerstoffgehalt des menschlichen Kammerwassers*. *Klin Mbl Augenheilk.* 135: 224-226. In: Barr *et al.* (1977).
- Kleinstejn RN *et al.* (1981). *In vivo aqueous humor oxygen tension - as estimated from measurements on bare stroma*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 21(9): 415-421.

- Kwan M, Fatt I (1970). *A noninvasive method of continuous arterial oxygen tension estimation from measured palpebral conjunctival oxygen tension*. *Anesthesiology* 35: 309.
- Kwok SL. (1985). *Endothelial oxygen levels during anterior corneal hypoxia*. *Aust J Optom*. 68(2): 58-62.
- Larke JR (1985). *The Eye in Contact Lens Wear*. 1st ed. Butterworths, London.
- Larke JR *et al.* (1981). *Apparent human corneal oxygen uptake rate*. *Am J Optom Physl Opt*. 58(10): 803-805.
- Lin DB-SL (1992). *Oxygen Supply to the Cornea of an Open and Closed Eye Wearing a Contact Lens*. PhD Thesis. Graduate Division, University of California at Berkeley, Berkeley.
- Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice*. 4th ed. Charles C Thomas Publisher, Springfield.
- Mandell RB *et al.* (1970). *Corneal swelling caused by contact lens wear*. *Arch Ophthalmol-Chic*. 83(1): 3-4.
- Mandell RB *et al.* (1987). *Corneal oxygen supply: RGP versus soft lenses*. *CL Spectrum*. 2(10): 37-39.
- Mandell RB, Farrell R (1980). *Corneal swelling at low atmospheric oxygen pressures*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 19(6): 697-702.
- Masters BR. (1985). *A noninvasive optical method to measure oxygen tension at the corneal epithelium*. *Curr Eye Res*. 4: 725-727.
- McLaren JW *et al.* (1998). *Measuring oxygen tension in the anterior chamber of rabbits*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 39: 1899-1909.
- McNamara NA *et al.* (1999). *Tear mixing under a soft contact lens: Effects of lens diameter*. *Am J Ophthalmol*. 127: 659-665.
- Millodot M (1984). *A review of research on the sensitivity of the cornea*. *Ophthalmol Physl Opt*. 4: 305-318.
- Millodot M, O'Leary DJ (1980). *Effect of oxygen deprivation on corneal sensitivity*. *Acta Ophthalmol*. 58: 434-439.
- Mizutani Y *et al.* (1987). *The effect of anoxia on the human cornea*. *Acta Soc Ophthalmol Jpn*. 9: 644-649.
- O'Neal MR *et al.* (1984). *Corneal response to rigid and hydrogel lenses during eye closure*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 25: 837-842.
- Odman S *et al.* (1985). *Device for sterile calibration of an oxygen sensor*. *Med Biol Eng Comp*. 23(9): 498-500.
- O'Neal MR *et al.* (1983). *Oxygen permeability of selected GPH polymers and prediction of tear layer oxygen tension*. *ICLC*. 10(4): 256-266.
- Polse KA (1979). *Tear flow under hydrogel contact lenses*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 18: 409-413.
- Polse KA, Decker M. (1979). *Oxygen tension under a contact lens*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 18(2): 188-193.
- Polse KA, Mandell RB (1971). *Critical oxygen tension at the corneal surface*. *Arch Ophthalmol-Chic*. 84: 505-508.
- Quinn RG (1981). *Aerobic Requirements of the Human Cornea*. MS Thesis. The Ohio State University, Columbus.
- Rasson JE, Fatt I (1982). *Oxygen flux through a soft contact lens on the eye*. *Am J Optom Physl Opt*. 59(3): 203-212.
- Riley MV (1969). *Glucose and oxygen utilization by the rabbit cornea*. *Exp Eye Res*. 8: 193-200.
- Rivera R *et al.* (1993). *Contact lenses affect corneal stromal pH*. *Optom Vis Sci*. 70 (12): 991-997.
- Roscoe WR (1984). *Comparative Polarographic Investigation of the Human Cornea*. PhD Thesis. University of Alabama, Birmingham. (Cited in Hill, 1994).
- Ruben M (1975). *Contact Lens Practice. Visual, Therapeutic and Prosthetic*. Baillière Tindall, London.
- Serdahl CL *et al.* (1989). *The effects of apraclonidine on conjunctival oxygen tension*. *Arch Ophthalmol-Chic*. 107(12): 1777-1779.

- Stefansson E *et al.* (1983). *Effect of epinephrine on pO₂ in anterior chamber*. Arch Ophthalmol-Chic. 101(4): 636-639.
- Stefansson E *et al.* (1983). *The corneal contact lens and aqueous humor hypoxia in cats*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 24: 1052-1054.
- Stefansson E *et al.* (1987). *The effect of corneal contact lenses on the oxygen tension in the anterior chamber of the rabbit eye*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 28: 1716-1719.
- Strath RA, Banister EW. (1991). *Contact lens wear at altitude*. Can J Optom. 52(4): 135-138.
- Sweeney DF (1991). *Factors Contributing to the Human Corneal Oedema Response*. PhD Thesis. School of Optometry, The University of New South Wales, Sydney.
- Theil HJ (1967). *Die gleichzeitige Bestimmung von pH, pCO₂ and pO₂ in Kammerwasser des Menschen*. Albrecht v. Graefes Arch Ophth. 174: 127-133. In: Barr *et al.* (1977).
- Weissman B, Fatt I (1982). *External hypoxia and corneal hydration dynamics*. Am J Optom Physl Opt. 59(1): 1-4.
- Weissman BA (1986). *Critical corneal oxygen values: a summary*. J Am Optom Assn. 57(8): 595-598.
- Weissman BA *et al.* (1981). *Diffusion of oxygen in human corneas in vivo*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 20(1): 123-125.
- Weissman BA *et al.* (1982). *Reversal of anoxic corneal swelling by breathing oxygen*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 22(1): 124-127.
- Williams L (1986). *Transient Endothelial changes in the in vivo Human Cornea*. PhD Thesis, The University of New South Wales, Sydney.

Unit 6.2

(1 Jam)

Kuliah 6.2: Oksigenasi Kornea dengan
Lensa Kontak

Tinjauan Pelajaran

Kuliah 6.2: Oksigenasi Kornea dengan Lensa Kontak

- I. Permeabilitas dan Transmisibilitas
- II. Mengukur Transmisibilitas Lensa Kontak
- III. Klasifikasi Lensa Kontak

Kuliah 6.2

(1 Jam)

Oksigenasi Kornea dengan Lensa Kontak

Daftar Isi

I Permeabilitas dan Transmisibilitas Oksigen.....	41
I.A Unit Pengukuran.....	43
II Mengukur Transmisibilitas Lensa Kontak	45
II.A Teknik Polarographic.....	46
II.B Teknik Gas-ke-Gas	48
II.C Teknik Coulometric.....	49
III Klasifikasi Lensa Kontak.....	51

I Permeabilitas dan Transmisibilitas Oksigen

1

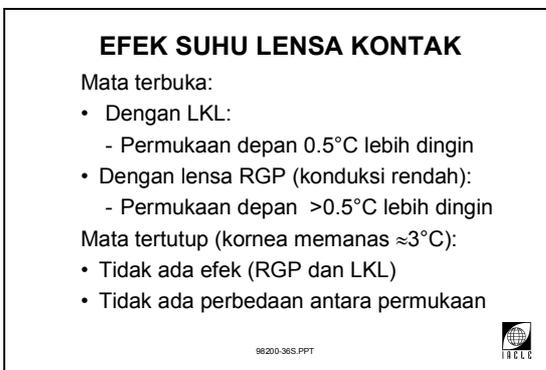


6L298200-1

Penyediaan Oksigen untuk Kornea dengan Lensa Kontak

Karena oksigen diperlukan untuk memelihara aktivitas metabolic dan integritas struktural kornea yang normal, faktor kunci dalam keberhasilan pemakaian lensa kontak adalah pembekalan oksigen yang cukup untuk kornea. Semua lensa kontak mengurangi jumlah oksigen yang tersedia untuk kornea. Dalam kebanyakan kasus, kekurangan ini hanya mempunyai pengaruh yang minimal. Akan tetapi, masalah yang parah dapat terjadi dalam jangka waktu pendek dan panjang apabila penyediaan oksigen berada dibawah syarat tingkat kritis kesehatan mata.

2

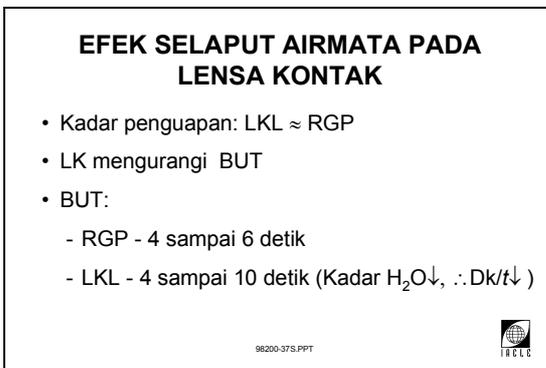


6L298200-36

Pemakaian lensa kontak memperburuk fenomena penyediaan oksigen yang rendah saat mata tertutup. Selanjutnya, suhu kornea didapati naik kira-kira 3°C dengan mata tertutup. Kenaikan suhu kornea ini dihubungkan dengan bertambah kadar aktifitas metabolic kornea bagian luar (Freeman and Fatt 1973).

Oleh karena itu, penggunaan lensa kontak pada keadaan mata tertutup menimbulkan suatu tantangan fisiologis pada kornea karena naiknya suhu (sebagian besar tidak ada hubungan dengan lensa) dan kurangnya penyediaan oksigen (faktor rutin dalam mata tertutup yang diperburuk oleh adanya lensa kontak).

3



6L298200-37

Suhu dan Efek Selaput Airmata dari Lensa Kontak

Pada keadaan mata terbuka, adanya lensa kontak hanya mempunyai efek minimal. Dengan LKL, permukaan depan lensa 0.5°C lebih dingin dari lapisan kornea yang berada dibawahnya. Dengan lensa RGP, permukaan depannya lebih dingin lagi akibat daya konduksi yang rendah pada lensa (Fatt and Chaston 1980).

Kadar penguapan lapisan airmata dianggap hampir sama dengan kedua jenis lensa keras dan lunak. Perbedaan yang kecil ini disebabkan oleh daerah permukaan yang berbeda (Hamano and Mitsunaga 1982). Hal yang harus dicatat adalah kadar penguapan dan tear break-up time (BUT) bukan searti, walaupun tear BUT berkaitan dengan kadar penguapan. Oleh karena ketidakstabilan lapisan airmata diatas lensa kontak, hasil BUT lapisan airmata pada lensa adalah lebih singkat dari BUT lapisan airmata pada mata. Tidak Hasil BUT lapisan airmata pada mata adalah kira-kira 26 detik sementara BUT lapisan airmata pada RGP adalah 4 sampai 6 detik (Guillon *et al.* 1989). Angka lensa lunak adalah antara 4 dan 10 detik (lihat gambar 8 dari Guillon *et al.* 1990). Hasil BUT yang lebih pendek banyak disebabkan oleh diameter yang kecil dan aliran meniscus pada tepi lensa (Morris *et al.* 1998).

Pada keadaan mata tertutup, hal yang sangat mungkin terjadi adalah hampir tidak ada perubahan suhu yang disebabkan adanya lensa kontak dan perbedaan kecil pada suhu permukaan depan dan permukaan belakang bukan lagi karena faktor penguapan air mata.

4

PEMEABILITAS OKSIGEN

- Sifat dasar bahan (daya tahan terhadap aliran gas)
- Pemeabilitas $P = Dk$ dimana:
 - D adalah koefisien difusi
 - k adalah koefisien daya larut oksigen dalam bahan

98200-2S.PPT



6L298200-2

Permeabilitas Oksigen Bahan Lensa Kontak

Permeabilitas oksigen (Dk) adalah sifat intrinsik bahan dimana lensa kontak dibuat. Difusi koefisien (D) berdefinisi kecepatan gerak molekul gas dalam bahan. Koefisien daya larut (k) berdefinisi jumlah molekul oksigen yang larut dalam bahan (Fatt 1992).

Secara langsung, permeabilitas (Dk) berhubungan dengan suhu, yaitu semakin tinggi suhu, semakin besar Dk . Untuk kebanyakan perhitungan, suhu 34°C dipergunakan, dan nilai ini hampir sama dengan suhu kornea pada mata yang buka.

Permeabilitas oksigen bahan lensa kontak adalah nilai hitungan yang memberi petunjuk berguna dalam penerapan klinis. Untuk menentukan Dk , hal pertama yang perlu dilakukan adalah tes *in vitro* untuk mengukur transmisibilitas oksigen (Dk/t) lensa kontak yang sudah dibuat. Nilai ini kemudian dikali dengan tebal (t) untuk mendapat Dk .

Pengetahuan tentang Dk bahan memungkinkan praktisi untuk merancang atau memilih desain stok lensa kontak yang akan membekali oksigen yang cukup untuk kornea. Hal ini terjadi terutama pada kasus ketika menentukan tebal tengah lensa karena efeknya pada transmisibilitas lensa.

Ketika permeabilitas oksigen lensa kontak akan diukur, lensa harus mempunyai permukaan depan dan belakang yang sejajar, yaitu untuk tujuan mempunyai zona tebal tengah yang berpengaruh dan sama. FOZR dan BOZR hanya berbeda oleh tebal lensa ($\text{FOZR} - \text{BOZR} = t_c$).

Lensa dengan ukuran harus dihindari karena kerumitan dari perbedaan topografis ketebalan. Akan tetapi, hal yang perlu diingat adalah lensa dengan permukaan yang sejajar mempunyai kekuatan negatif yang kecil.

Contoh:

LUNAK:

FOZR: 8.9 mm
BOZR: 8.8 mm
 t_c : 0.1 mm
 n : 1.399
BVP: -0.37D

RGP:

FOZR: 7.9
BOZR: 7.8
 t_c : 0.1 mm
 n : 1.43
BVP: -0.49

(FOZR_{Plano}: 8.83 FOZR_{Plano}: 7.83)

5

PERMEABILITAS OKSIGEN

- Lepas dari pertimbangan tebal bahan
- Tergantung pada suhu
- Nilai yang telah diperhitungkan

98200-3S.PPT



6L298200-3

I.A Unit Pengukuran

6

**PEMEABILITAS (Dk)
ASAL UNIT**

$$D = \frac{cm^2}{s} \quad \& \quad k = \frac{mL_{O_2}}{mL_{Lensa} \times mmHg}$$

$$\therefore Dk = \frac{cm^2}{s} \times \frac{mL_{O_2}}{mL_{Lensa} \times mmHg}$$

$$Dk = \frac{cm^2 \times mL_{O_2}}{s \times mL_{Lensa} \times mmHg}$$

98200-32S.PPT

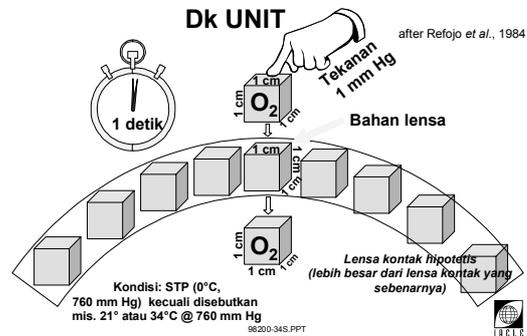


6L298200-32

7

DK UNIT

after Refojo et al., 1984



Kondisi: STP (0°C, 760 mm Hg) kecuali disebutkan mis. 21° atau 34°C @ 760 mm Hg

98200-34S.PPT



6L298200-34

8

PERMEABILITAS OKSIGEN

- Jangkauan lensa kontak: 0 - 300 x 10⁻¹¹
- Unit:
 - (cm² x mL_{O₂}) / (s x mL_{Lensa} x mm Hg)
 - or
 - (cm²/s) x (mL_{O₂} / [mL_{Lensa} x mm Hg])
 - Umum, subscript _{Lensa} diabaikan

98200-4S.PPT



6L298200-4

Permeabilitas Oksigen: Unit

Unit permeabilitas oksigen (Dk) diperoleh dari koefisien difusi D dan koefisien daya larut k (slide 4).

- D, koefisien difusi, memberi definisi kecepatan molekul gas oksigen bergerak dalam bahan lensa. Kecepatan molekul gas yang bergerak secara serampangan dan larut melewati bahan disebut dalam istilah luas per detik, yaitu cm²/s daripada istilah yang lebih konvensional cm/s, yang diterapkan pada unsur yang bukan gas (Fatt 1995).
- k, koefisien daya larut, memberi definisi volume oksigen yang dapat larut dalam bahan lensa kontak (after Fatt 1995). k adalah dalam istilah volume oksigen, volume bahan lensa dan tekanan yang menekan oksigen kedalam, dan melewati, bahan lensa yaitu, mL_{O₂} / (mL_{Lensa} x mm Hg).
(Perhatian: *millilitres (mL)* dan *cubic centimetres (cm³)* digunakan saling bertukaran di sini. Akan tetapi, unit tidak sama karena kesalahan kecil dalam definisi litre. Secara tegas, 1 litre (L) adalah volume yang dipenuhi oleh 1 kilogram (kg) air murni pada suhu maksimum densitas (kira-kira 3.96°C).
Pengukuran lebih tepat yang dibuat seterusnya menunjukkan volume ini sebenarnya adalah 1.000028 cubic decimetres ([10 cm³]). Oleh karena itu, satu mL adalah sebagian kecil lebih kecil dari 1 cm³ tetapi ketidaktepatan hanya pada urutan 1 dalam 36,000 (Jerrard and McNeill 1992).

Konsep grafis unit Dk ditunjukkan dalam slide 7. Dalam slide ini, 1 cm³ oksigen dipaksa masuk melalui 1 cm³ bahan polimerik lensa kontak (jenis apa saja) oleh perbedaan tekanan sebagian positif (pO₂) melewati lensa dengan 1 mm tekanan merkuri dalam 1 detik dibawah kondisi lingkungan yang disebutkan.

Sementara tekanan atmosfer biasanya dianggap adalah 760 mm Hg, suhu mesti disebutkan karena Dk peka dengan suhu. Hal ini disebabkan tingkat aktifitas molekul gas bertambah dengan suhu. Bertambahnya aktifitas ini menaikkan kadar keberhasilan molekul gas untuk masuk, dan seterusnya melewati polimer lensa.

Slide 7 merupakan gambaran teoretis hanya untuk tujuan ilustrasi. Sebenarnya, lensa kontak tidak mengandung volume polimer seperti yang digambarkan dalam slide 7, dan juga tekanan masuk se-rendah 1 mm Hg; volume oksigen se-tinggi seperti 1 cm³ dan dengan waktu se-pendek seperti 1 detik.

Perkiraan konsumsi oksigen pada kornea berbeda antara 1.6 and 10.9 μL per cm² dari kornea per jam (Efron and Brennan 1992). Pengukuran realistis mengakibatkan eksponen 10⁻¹¹ yang ditambahkan

ke unit Dk (slide 10). Selanjutnya, dalam banyak hal dimana unit Dk ditunjukkan, ketiadaan symbol tanda kurung atau pernyataan tentang proses matematika yang didahului mengakibatkan kekeliruan utama yaitu komponen unit yang mana yang akan membentuk pembilang dan yang mana yang membentuk penyebut.

Baru-baru ini, Alvord *et al.* (1998) menyarankan bahwa unit permeabilitas oksigen yang bersejarah dengan pembatas digunakan sebagai alternatif, tetapi ini sepertinya tidak praktis $10^{-11} (\text{cm}^2 \times \text{mL}_{\text{O}_2}) / (\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mm Hg})$. Mereka membahas penggunaan pembatas untuk permeabilitas dan unit tradisional untuk transmisibilitas yaitu $10^{-9} (\text{cm} \times \text{mL}_{\text{O}_2}) / (\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mm Hg})$, kekeliruan antara kedua ini dapat dikurangi. Sampai hari ini, pembatas tidak dapat diterima secara besar-besaran.

9

TRANSMISIBILITAS OKSIGEN

- Berdasarkan pada PERMEABILITAS bahan (Dk)
- Berhubungan dengan tebal (*t*) bahan
 - transmisibilitas = Dk/t
- Penting secara klinis

98200-5S.PPT



6L298200-5

Transmisibilitas Oksigen Lensa Kontak

Transmisibilitas oksigen lensa kontak adalah sifat fisik sebenarnya lensa kontak yaitu sifat keduanya dari bahan dan ketebalan. Ini adalah sama dengan permeabilitas oksigen bahan dibagi tebal lensa yaitu Dk/t .

Eksponen 10^{-9} ditambahkan ke unit transmisibilitas karena tebal lensa adalah dalam sentimeter (cm), contoh tebal 0.1 mm adalah 0.01cm. Biasanya ini dispesifikasi pada suhu khusus, biasanya 34°C , kadang-kadang 35°C .

Permeabilitas, dan transmisibilitas dipengaruhi oleh suhu dan secara langsung berhubungan. Semakin tinggi suhu, semakin tinggi Dk dan selanjutnya semakin tinggi Dk/t . Karena suhu pada mata sangat relevan, angka ini lebih berguna secara klinis. Kemungkinan yang lain, suhu laboratorium *in vitro* disebutkan. Biasanya ini adalah 20° atau 21°C .

Secara klinis, transmisibilitas oksigen lebih berguna dari permeabilitas oksigen dan berhubungan langsung dengan isu pada mata karena termasuk tebal lensa.

Pada umumnya, transmisibilitas seri lensa kontak diberikan untuk lensa dengan BVP -3.00D dan BVP ini sudah menjadi standar industri.

Akan tetapi, hal penting untuk menyadari bahwa nilai yang disebutkan itu berbeda menurut BVP lensa karena efeknya pada tebal lensa. Lensa berkekuatan plus memiliki transmisibilitas yang kurang di bagian tengah dari lensa berkekuatan minus. Dk/t lensa minus memiliki sedikit relevan dari lensa plus terutama lensa itu berkekuatan plus yang signifikan.

10

**TRANSMISIBILITAS (Dk/t)
ASAL UNIT**

$$Dk = \frac{\text{cm}^2 \times \text{mL}_{\text{O}_2}}{\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mmHg}}$$

$$\therefore Dk/t = \frac{\text{cm}^2 \times \text{mL}_{\text{O}_2}}{\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mmHg} \times \text{cm}}$$

$$Dk/t = \frac{\text{cm} \times \text{mL}_{\text{O}_2}}{\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mmHg}}$$

98200-33S.PPT



6L298200-33

11

TRANSMISIBILITAS OKSIGEN

- Jangkauan lensa kontak: $0 - 200 \times 10^{-9}$
- Unit:
 - $(\text{cm} \times \text{mL}_{\text{O}_2}) / (\text{s} \times \text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mm Hg})$
 - or
 - $(\text{cm/s}) \times (\text{mL}_{\text{O}_2} / [\text{mL}_{\text{Lensa}} \times \text{mm Hg}])$
 - Umum, subscript _{Lensa} diabaikan

98200-6S.PPT



6L298200-6

II Mengukur Transmisibilitas Lensa Kontak

12

MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN TEKNIK-TEKNIK

In vitro

- Sel polarographic
- Gas-ke-gas (volumetrik)
- Coulometric

98200-11S.PPT



6L298200-11

Teknik untuk Mengukur Transmisibilitas Oksigen

Biasanya, pengukuran transmisibilitas oksigen lensa kontak adalah prosedur laboratorium *in vitro*.

Kebanyakan dari metode sudah pun dirikan dengan baik kecuali teknik coulometric, teknik dua ruang yang diciptakan oleh Winterton *et al.* (1987).

Metode volumetrik (gas-ke-gas), yang mungkin metode tertua dalam sains umum, tidak diterapkan pada lensa kontak sampai saat sensor polarographic sering dipergunakan, dalam pengukuran mata dan lensa kontak baru-baru ini (Haberich 1966 in Fatt 1978, Fatt 1991).

Kemungkinan disebabkan oleh sifat sederhana dan ekonomis, metode polarographic masih biasa digunakan walaupun kelihatan ada persamaan umum tentang kebaikan system coulometric. Sebagian hal ini disebabkan oleh tidak ada daya tahan lapisan pembatas, koreksi yang diperlukan dengan metode lain.

Walaupun tersedianya metode dan alat, dan pertimbangan yang dibuat atas waktu, tidak ada yang dapat menerangkan perbedaan setumpuk dengan setumpuk antara bahan (Winterton *et al.* 1987). Perbedaan dalam Dk yang dilaporkan untuk bahan yang hampir sama disebabkan oleh penggunaan teknik, alat dan prosedur yang berbeda (Holden *et al.* 1990).

13

MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN

- Umum, diukur untuk:
 - lensa BVP – 3.00 D
 - suhu 35°C
- Tes fisik
(dapat dikontrol dan diulang)

98200-12S.PPT



6L298200-12

Pengukuran Transmisibilitas Oksigen

Penggunaan metode ilmiah yang setepat-tepatnya untuk menentukan Dk/t lensa berarti pengukuran dapat dilakukan oleh ahli lain di lokasi lain dengan menggunakan beberapa alat dan hasil yang diharapkan akan sama. Isu dalam hal ini sudah diterbit (Holden *et al.* 1990).

Pada umumnya, transmisibilitas oksigen diukur untuk lensa dengan BVP –3.00D pada suhu 35°C, kira-kira sama dengan suhu pada mata.

II Mengukur Transmisibilitas Lensa Kontak

12

MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN TEKNIK-TEKNIK

In vitro

- Sel polarographic
- Gas-ke-gas (volumetrik)
- Coulometric

98200-11S.PPT



6L298200-11

Teknik untuk Mengukur Transmisibilitas Oksigen

Biasanya, pengukuran transmisibilitas oksigen lensa kontak adalah prosedur laboratorium *in vitro*.

Kebanyakan dari metode sudah pun dirikan dengan baik kecuali teknik coulometric, teknik dua ruang yang diciptakan oleh Winterton *et al.* (1987).

Metode volumetrik (gas-ke-gas), yang mungkin metode tertua dalam sains umum, tidak diterapkan pada lensa kontak sampai saat sensor polarographic sering dipergunakan, dalam pengukuran mata dan lensa kontak baru-baru ini (Haberich 1966 in Fatt 1978, Fatt 1991).

Kemungkinan disebabkan oleh sifat sederhana dan ekonomis, metode polarographic masih biasa digunakan walaupun kelihatan ada persamaan umum tentang kebaikan system coulometric. Sebagian hal ini disebabkan oleh tidak ada daya tahan lapisan pembatas, koreksi yang diperlukan dengan metode lain.

Walaupun tersedianya metode dan alat, dan pertimbangan yang dibuat atas waktu, tidak ada yang dapat menerangkan perbedaan setumpuk dengan setumpuk antara bahan (Winterton *et al.* 1987). Perbedaan dalam Dk yang dilaporkan untuk bahan yang hampir sama disebabkan oleh penggunaan teknik, alat dan prosedur yang berbeda (Holden *et al.* 1990).

13

MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN

- Umum, diukur untuk:
 - lensa BVP – 3.00 D
 - suhu 35°C
- Tes fisik
(dapat dikontrol dan diulang)

98200-12S.PPT



6L298200-12

Pengukuran Transmisibilitas Oksigen

Penggunaan metode ilmiah yang setepat-tepatnya untuk menentukan Dk/t lensa berarti pengukuran dapat dilakukan oleh ahli lain di lokasi lain dengan menggunakan beberapa alat dan hasil yang diharapkan akan sama. Isu dalam hal ini sudah diterbit (Holden *et al.* 1990).

Pada umumnya, transmisibilitas oksigen diukur untuk lensa dengan BVP –3.00D pada suhu 35°C, kira-kira sama dengan suhu pada mata.

II.A Teknik Polarographic

14

**MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN
TEKNIK SEL POLAROGRAPHIC**

- Sensor dalam sel pengukur mengandung:
 - anoda (+)
 - katoda (-)
 - electrolyte
- Lensa kontak menjadi 'membrana'
- Kelembaban dan suhu dikontrol

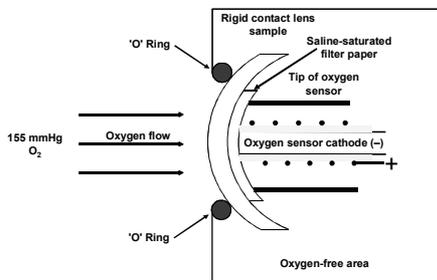
98200-13S.PPT



6L298200-13

15

SEL POLAROGRAPHIC



98200-28S.PPT



6L298200-28

Teknik Sel Polarographic

Fatt dan St Helen (1971) menggunakan teknik polarographic untuk penentuan transmisibilitas lensa kontak.

Dasar sensor oksigen polarographic akan dibahas dengan rinci dalam kuliah 6.1. Apabila dipergunakan untuk mengukur transmisibilitas, membrana pada sensor oksigen polarographic diganti dengan lensa kontak yang ingin diukur. Perlu sekali, aspek sensor yang lain adalah seperti yang dijelaskan sebelumnya.

Sebuah lensa kontak dipasang dalam alat dimana permukaan depan lensa dipaparkan ke atmosfer. Sensor oksigen dipisahkan dari atmosfer oleh lensa yang ditutupi selaput aqueous. Kombinasi lensa dan selaput penghalang berkerja membatasi aliran oksigen dari lingkungan lensa ke katoda platina sensor oksigen.

16

TEKNIK SEL POLAROGRAHIC

- Oksigen melewati lensa kedalam electrolyte sensor
- Arus sensor sebanding dengan jumlah oksigen yang tersedia pada katoda
- Flux oxygen j dari hukum Fick & Henry:

$$j = Dk/t \times \Delta(pO_2)$$

98200-14S.PPT



6L298200-14

17

TEKNIK SEL POLAROGRAPHIC

- Pemeabilitas dihitung dari:
 - Tebal lensa (t)
 - Arus yang diperlukan untuk mengurangi O_2 (i)
 - Tekanan sebagian O_2 (pO_2)
 - Konstan sel (C)

$$Dk = \frac{C \times t \times i}{pO_2}$$

98200-15S.PPT



6L298200-15

Reaksi kimia dalam Sel Polarographic

Pengukuran transmisibilitas oksigen dan permeabilitas bahan lensa kontak adalah berdasarkan kedua hukum Fick (difusi) dan Henry (daya larut). Hukum Fick menghubungkan flux (aliran) gas dalam keadaan stabil melewati bidang dengan konsentrasi gradien bidang tersebut.

Hukum Henry menghubungkan tingkat oksigen yang terlarut dalam zat dengan daya larut oksigen dalam zat tersebut dan tekanan sebagian oksigen (pO_2) dalam zat.

$$j = Dk/t \times \Delta(pO_2)$$

Flux oksigen (j) menunjuk pada jumlah oksigen yang mengalir melalui luas satu unit (mis. cm^2) bahan dalam satu unit waktu (mis. detik). ΔpO_2 adalah perbedaan antara tekanan sebagian oksigen (pO_2) pada sisi-sisi lensa. Dk/t adalah transmisibilitas lensa. Dk , yaitu permeabilitas bahan biasanya dianggap seperti seluruh dari pada hasil dari koefisien difusi dan daya larut. Contoh tebal lensa adalah t .

Elektrokimiawi sensor oksigen telah dijelaskan sebelumnya (Kuliah 6.2, Section II.A). Penting sekali oksigen yang ada di katoda dirubah menjadi ion hidroksyl (OH^-) sehingga mengurangi tingkat oksigen ke nol pada permukaan katoda. Jika fluks oksigen tinggi, maka katoda dari luas permukaan

yang kecil tidak dapat merubah oksigen ke ion hidroksil dengan cepat. Dalam hal ini, katoda yang lebih besar diperlukan. Mungkin saja, desain sensor yang beda diperlukan untuk jangkauan transmisibilitas lensa yang berbeda untuk mengatasi masalah tersebut.

Komplikasi sensor polarographic selanjutnya adalah cara kerja alat tidak pernah ideal, mis. Secara teoritis, apabila pO_2 adalah nol, maka arus sensor mesti nol. Arus sebenar yang dapat diukur apabila pO_2 adalah nol disebut 'arus gelap'. Jawaban untuk kesulitan ini adalah untuk menganalisa data dari kisaran jangkauan pO_2 diatas nol.

Dengan menggunakan desain yang tepat, gradien konsentrasi O_2 dari 155 mm Hg pada permukaan depan ke nol pada katoda dapat didirikan. Molekul oksigen yang mendifusi kedalam gradien ini dapat dihilangkan dengan pengurangan pada katoda dan arus yang terbentuk pada titik keseimbangan adalah proporsional dengan kadar aliran oksigen (fluks) yang melewati lensa kontak.

18

TEKNIK SEL POLAROGRAPHIC

- Menggunakan lensa kontak finish
- Kemungkinan kesalahan termasuk:
 - lapisan pembatas
 - efek tepi
 - tebal lensa
 - lingkungan
 - integritas sel
 - kalibrasi

98200-16S.PPT



6L298200-16

Pertimbangan Teknik Sel Polarographic

Teknik sel polarographic adalah metode pertama untuk menghitung permeabilitas dan transmisibilitas oksigen lensa kontak (Fatt and Chaston 1982). Karena metode ini melibatkan beberapa kesalahan potensial, perlu langkah-langkah untuk meminimalkannya jika ingin hasil yang dapat dipercaya. Kesalahan hasil yang telah pun diterbitkan, disebabkan gagal mempertimbangkan atau hanya dibiarkan kesalahan tersebut.

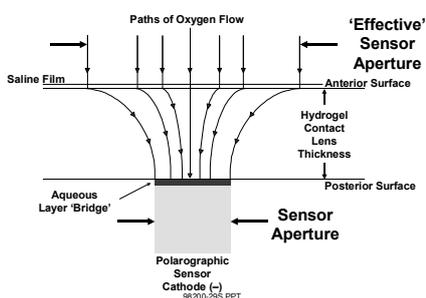
Jika lensa kontak mempunyai sisa lapisan saline atau air pada permukaan, daya tahan terhadap air pada permukaan, daya tahan terhadap difusi oksigen melalui system lensa bertambah, karena lapisan air di permukaan bertindak seperti lensa seri lain dimana lensa akan diukur. Seterusnya, sel polarographi menilai difusi oksigen melalui kedua lapisan air dan lensa kontak.

Sumber kesalahan penting yang lain disebut sebagai 'efek tepi' (lihat slide 19). Efek tepi disebabkan oleh perbedaan luas permukaan lensa dimana oksigen berdifusi melewati sensor (permukaan lensa bagian atas), dan aperatur sebenar sensor itu sendiri (kontak dengan permukaan lensa bagian bawah). Efek ini lebih besar dalam contoh yang tebal dan bahan dengan permeabilitas yang tinggi. Sensor dengan efektif menerima oksigen dari area lensa yang lebih besar dari diameter fisik sensor.

Jalur difusi dipercayai berbentuk corong (slide 19). Besarnya kesalahan yang disebabkan efek tepi kemungkinan besar yaitu perkiraan melebihi 25% dari permeabilitas oksigen.

19

EFEK TEPI



6L298200-29

20

**TEKNIK SEL POLAROGRAPHIC
KEKURANGAN**

- Tidak cocok dengan bahan bukan hidrogel dan daya tembus yang tinggi
- Terlalu tinggi menilai untuk lensa RGP
- Perbedaan antara penyelidik

98200-17S.PPT



6L298200-17

Kelemahan Teknik Sel Polarographic

Disebabkan oleh sifat static tes, teknik ini tidak bekerja baik dengan bahan bukan hidrogel, permeabilitas oksigen tinggi seperti siloxane elastomer. Tidak ada elektrolit dalam sel atau lapisan saline (atau air) pada permukaan depan lensa diganggu. Oleh karena itu, lapisan pembatas yang menggenang dibentuk pada interfase cairan-bahan dalam sensor dan pada lensa. Disebabkan oleh kesalahan potensial dengan sel polarographic, teknik ini tidak optimal untuk mengukur transmisi oksigen lensa RGP.

Kekakuan dan kelengkungan yang steep adalah dua kesulitan potensial. Selanjutnya, 'jembatan' elektrolit yang sangat menyerap antara lensa dan katoda perlu diciptakan dengan kertas rokok, kertas filter atau tisu pembersih lensa (instrumen optik) Umum, hasil itu kelebihan memperkirakan Dk/t kecuali semua kesalahan dalam metode dikontrol (Brennan *et al.* 1986).

Ketidaktetapan dalam teknik telah memberi hasil yang sangat berbeda seterti yang telah diterbit oleh beberapa penyelidik. Hal penting untuk mengetahui apakah Dk/t lensa tersebut diukur dengan metodologi yang mengoreksi kesalahan potensial seperti efek tepi. Tidak heran, usaha marketing kemungkinan akan lebih memfokuskan pada hasil yang tinggi tanpa mempertimbangkan metode mendapatkan hasil itu.

II.B Teknik Gas-ke-Gas

21

**MENGUKUR TRANSMISIBILITAS
OKSIGEN
GAS-KE-GAS**

- Dua ruangan lingkungan
 - Oksigen bersih
 - Tekanan berbeda
- Suhu konstan (35°C)
- Sensor tekanan dalam setiap ruangan

98200-18S.PPT



6L298200-18

Mengukur Transmisibilitas Oksigen: Gas-ke-Gas

Dalam metode mengukur transmisibilitas ini, lensa kontak dalam tes ini memisahkan dua ruang (slide 22) (Benjamin 1994). Lingkungan dalam setiap ruang dikontrol.

Umum, ruang depan alat berisi oksigen murni dibawah tekanan tiga atmosfer (2280 mm Hg), sementara ruang belakang berisi oksigen murni pada satu atmosfer (760 mm Hg). Biasanya, suhu di set pada 34° atau 35°C dengan kontrol untuk mencegah perubahan dari angka ini.

Transducer dalam setiap ruang memungkinkan pengukuran yang tepat dan kontrol tekanan dalam ruang. Tekanan dalam ruang belakang yang tertutup naik apabila oksigen mengalir dari ruang depan yang bertekanan tinggi melalui lensa.

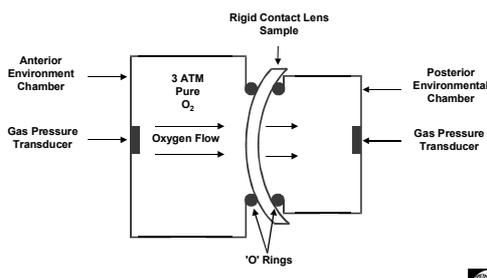
Karena volume dalam ruang belakang adalah konstan, kadar aliran oksigen melalui lensa dapat dihitung dari penambahan kadar tekanan yang dicatat dengan menggunakan 'ideal gas equation' standar:

$$PV = nRT$$

- P = tekanan
- n = jumlah mole dari gas
- R = gas constant
- T = suhu dalam °K
- V = volume.

22

TEKNIK GAS-KE-GAS



98200-27S.PPT



6L298200-27

23

**MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN
TEKNIK GAS-KE-GAS**

- Tekanan konstan dalam ruangan depan
- Aliran gas melalui lensa merubah tekanan dalam ruangan belakang
- Tidak ada lapisan pembatas atau efek tepi
- Dapat digunakan untuk semua gas

98200-19S.PPT



6L298200-19

Teknik ini mempunyai kelebihan dari yang lain yaitu tidak menghasilkan lapisan pembatas dan efek tepi. Teknik ini mudah dipergunakan untuk unsur gas lain selain dari oksigen, mis karbon dioksida.

Baru-baru ini Fatt (1991) menjelaskan tentang metode gas-ke-gas dalam mengukur transmisibilitas oksigen dari RGP dan bahan lensa kontak siloxane. Metodenya menghindari efek lapisan pembatas dengan menggunakan suatu fase gas pada sisi lensa yang diperiksa. Masih ada sedikit efek tepi. Fatt sarankan metode ini untuk pengukuran transmisibilitas RGP dan bahan siloxane.

24

TEKNIK GAS-KE-GAS KELEMAHAN

- Tidak cocok untuk hidrogel
 - Perbedaan tekanan terlalu besar
 - Hidrogel terlalu elastis
 - Hidrogel mempunyai kekuatan 'pecah' yang rendah

98200-20S.PPT



6L298200-20

Teknik Gas-ke-Gas: Kelemahan

Disebabkan oleh perbedaan tekanan yang besar antara dua ruang, sifat elastis dan daya letus yang rendah dari bahan hidrogel, maka untuk menyesuaikan teknik ini dalam pengukuran transmisibilitas gas untuk hidrogel tidak mungkin.

II.C Teknik Coulometric

25

**MENGUKUR TRANSMISIBILITAS OKSIGEN
TEKNIK COULOMETRIC**

- Dua 'ruangan lingkungan'
 - oksigen
 - inert gas
- Sensor coulometrik
- Aliran oksigen melewati lensa diukur
- Air penuh dengan oksigen atau wadah cairan diperlukan untuk hidrogel.

98200-21S.PPT



6L298200-21

Teknik Coulometric

Dalam teknik coulometric, lensa kontak memisahkan dua ruang terbuka (slide 26). Ruang depan diisi dengan gas mengandung oksigen yang lembab. Dalam ruang belakang, gas bebas oksigen mengalir melalui permukaan belakang lensa kontak dan diarahkan mendekati sensor coulometric (Benjamin 1994). Dasar sensor coulometric adalah sensor polarographic. Akan tetapi dalam skema ini, tidak ada kontak dengan lensa yang sedang diperiksa.

Aliran oksigen adalah dari ruang depan ke ruang belakang. Oksigen yang mencapai ruang belakang setelah melalui lensa diteruskan dan bercampur dengan unsur pembawa gas, menuju ke sensor oksigen coulometric. Sensor membangkitkan arus listrik yang sebanding dengan konsentrasi oksigen dalam pembawa unsur gas.

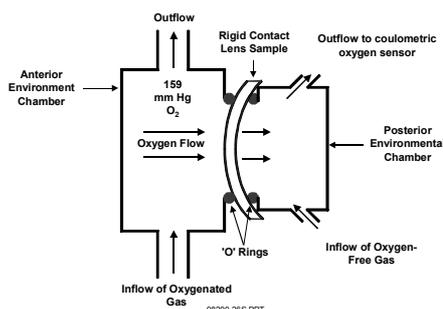
Dengan cara ini, kadar dari aliran oksigen dideteksi dan dicatat. Dari hasil, permeabilitas dan transmisibilitas oksigen dapat ditentukan (Winterton *et al.* 1987, Winterton *et al.* 1988).

Penyimpangan standar kumpulan intra <2% telah diajukan oleh pencipta (Winterton *et al.* 1987).

Pentingnya, hanya ada sedikit efek lapisan pembatas, tidak ada efek tepi yang signifikan dan tidak perlu jembatan elektrolite dalam sensor oksigen.

26

TEKNIK COULOMETRIK



6L298200-26

27

**COULOMETRIC OKSIGEN
SIFAT KIMIAWI SENSOR**

Katoda (– ve, Carbon [graphite]):

$$4 e^{-} + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4OH^{-}$$

Anoda (+ ve, Cadmium [nickel-cadmium]):

$$2 Cd + 4OH^{-} \rightleftharpoons 2Cd(OH)_2 + 4e^{-}$$
e = electron

Gambaran:

$$2Cd + O_2 + 2H_2O + 4OH^{-} \rightleftharpoons 2Cd(OH)_2 + 4OH^{-}$$

98200-30S.PPT 

6L298200-30

Sensor coulometric lebih besar (9-10X) dari sensor polarographic dan, tidak sama seperti sensor polarographic, mempergunakan katoda grafit dan anoda nickel-cadmium dalam elektrolit potassium hydroxide. Akan tetapi, elektrokimiawi (slide 27) hampir sama dengan elektroda platinum-silver/silver chloride seperti yang telah dijelaskan sebelumnya (Kuliah 6.1, Bagian II.A).

Pembawa unsur gas kering yang dipergunakan adalah 98% nitrogen dan 2% hidrogen sementara tes gas adalah udara atau campuran oksigen/nitrogen yang hampir sama dengannya. Semua unsur gas dilembabkan sampai penjumlahan sebelum penerapan. Semua detil dari Winterton *et al.* 1987.

Winterton *et al.* (1988) telah menunjukkan sifat kebasahan permukaan mempunyai efek terhadap transmisibilitas lensa. Mereka menegaskan ini disebabkan oleh efek lapisan pembatas pada permukaan lensa dan semakin baik sifat kebasahan, semakin sedikit efeknya. Ini disebabkan adanya kontak lebih dekat dengan permukaan lensa.

28

**TEKNIK COULOMETRIK
KELEBIHAN**

- Permukaan belakang lensa terpapar
- Sedikit atau tidak ada efek lapisan pembatas
- Tidak ada efek tepi
- Lebih akurat dari teknik polarographic dengan lensa RGP

98200-22S.PPT 

6L298200-22

Teknik Coulometric: Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan utama teknik coulometric adalah kemampuannya untuk mengukur transmisibilitas oksigen lensa RGP dengan tepat. Minor (Winterton *et al.* 1988), tanpa pembatas atau efek tepi dicipta dalam system ini (Benjamin 1994).

Untuk pengukuran bahan hidrogel, waduk larutan saline atau gas yang dijenuh air mesti menyentuh permukaan depan lensa. Penggunaan waduk saline mencipta lapisan pembatas luar, dimana ini mesti dipertimbangkan dalam perhitungan nilai transmisibilitas oksigen LKL apa pun.

Metode sel polarographic adalah pilihan lain yang disukai untuk pengukuran transmisibilitas oksigen lensa hidrogel.

29

**TEKNIK COULOMETRIC
KELEMAHAN**

Memerlukan:

- Sensor gas khusus (mis. oksigen)
- Wadah aqueous depan untuk hidrogel

98200-23S.PPT 

6L298200-23

III Klasifikasi Lensa Kontak

30

KLASIFIKASI TRANSMISIBILITAS LENSA LUNAK

Rendah < 12

Menengah 12 - 25

Tinggi > 25

98200-24S.PPT



6L298200-24

Klasifikasi Transmisibilitas Oksigen Lensa Hidrogel

Klasifikasi lensa hidrogel sekarang tidak memperhitungkan polimer baru dengan daya tembus oksigen yang tinggi (hidrogel dengan siloxane dan fluoro-siloxane).

Perkembangan polimer baru untuk lensa kontak lunak akan terlihat indeks klasifikasi ulang transmisibilitas. Ada beberapa polimer baru yang menyediakan transmisibilitas oksigen antara kisaran unit $100 - 180 \times 10^{-9}$.

Bahkan sekarang ini, lensa hidrogel dengan transmisibilitas oksigen paling tinggi yang tersedia hanya dapat memenuhi kriteria pemakaian harian Holden and Mertz (1984) karena terbatasnya kemampuan oksigen untuk secara signifikan melewati kadar air.

Sekarang, kisaran kadar air hidrogel adalah dari 37.5% sampai 79%. Kadar air lensa telah menjadi penghalang perbaikan lanjut dalam permeabilitas bahan, sekali pun kadar air yang tidak mungkin 100% tidak akan memenuhi kriteria Holden-Mertz (1984) untuk pemakaian extended ($Dk/t \geq 87 \times 10^{-9}$).

31

KLASIFIKASI TRANSMISIBILITAS LENSA RGP

Rendah < 25

Menengah 25 - 50

Tinggi > 50

98200-25S.PPT



6L298200-25

Klasifikasi Transmisibilitas Oksigen Lensa RGP

Mayoritas besar lensa RGP menyediakan tingkat oksigen memadai yang tinggi untuk kornea dari lensa hidrogel konvensional. Ada beberapa bahan dengan permeabilitas tinggi yang dapat memenuhi kriteria pemakaian extended Holden-Mertz, dimana kriteria ini merupakan rekomendasi minimal.

 **Kepustakaan**

- Alvord L *et al.* (1998). *Oxygen permeability of a new type of high Dk soft contact lens material*. *Optom Vis Sci.* 75(1): 30-36.
- Benjamin WJ (1994). *Chapter 3: Oxygen Transport Through Contact Lenses*. In: Ruben M, Guillon M (Eds.), *Contact Lens Practice*. Chapman & Hall Medical, London.
- Brennan NA *et al.* (1986). *Oxygen permeability of hard gas permeable contact lens materials*. *Clin Exp Optom.* 69: 82-89.
- Brennan NA, Efron N (1987). *An examination of the edge effect in the measurement of contact lens oxygen transmissibility*. *ICLC.* 14: 401-411.
- Brennan NA *et al.* (1988). *Corneal oxygen availability during contact lens wear: A comparison of methodologies*. *Am J Optom Physl Opt.* 65: 9-24.
- Caroline PJ, Ellis EJ (1986). *Review of the mechanisms of oxygen transport through rigid gas permeable lenses*. *Int Eyecare.* 2 (4): 210-213.
- Fatt I (1976). *Polarographic Oxygen Sensor: Its Theory of operation and Its Applications in Biology, Medicine, and Technology*. CRC Press Inc., Cleveland.
- Fatt I (1978). *Physiology of the Eye: An Introduction to the Vegetative Functions*. Butterworths, Boston.
- Fatt I (1991). *Gas-to-gas oxygen permeability measurements on RGP and Silicone rubber materials*. *ICLC.* 18: 192-199.
- Fatt I (1992). *Chapter 13: Oxygen Transmission*. In: Bennett ES, Weissman BA. *Clinical Contact Lens Practice*. JB Lippincott Company, Philadelphia.
- Fatt I, Chaston J (1980). *Temperature of a contact lens on the eye*. *ICLC.* 7(5): 11-14.
- Fatt I, Chaston J (1982). *Measurement of oxygen transmissibility and permeability of hydrogel lenses and materials*. *ICLC.* 9: 76-88.
- Fatt I, St. Helen R (1971). *Oxygen tension under an oxygen-permeable contact lens*. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 48: 545-555.
- Freeman RD, Fatt I (1973). *Environmental influences on ocular temperature*. *Invest Ophthalmol.* 12(8): 596-602.
- Guillon JP *et al.* (1990). *Corneal desiccation staining with hydrogel lenses: Tear film and contact lens factors*. *Ophthalmol Physl Opt.* 10: 343-350.
- Guillon M *et al.* (1989). *Rigid gas permeable lenses in vivo wettability*. *Trans BCLA Conference Birmingham:* 24-26.
- Hamano H, Mitsunaga S (1982). *Chapter 2. Clinical Examinations and Research on Tears*. In: Tanaka *et al.* (Eds.) *Menicon: Toyo's 30th Anniversary Special Compilation of Research Reports*. Toyo Contact Lens Co., Ltd., Nagoya.
- Hill RM, Fatt I (1963). *Oxygen uptake from a limited volume reservoir by the in vivo human cornea*. *Science.* 142: 1295-1297.
- Hill R (1976). *The cornea's need to breathe*. *ICLC.* 3: 60-61.
- Holden BA *et al.* (1990). *The Dk project: An interlaboratory comparison of Dk/L measurements*. *Optom Vis Sci.* 67(6): 476-481.
- Holden BA *et al.* (1984). *The minimum precorneal oxygen tension to avoid corneal oedema*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 476-480.
- Holden BA, Mertz GW (1984). *Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 1161-1167.
- Jerrard HG, McNeill DB (1992). *Dictionary of Scientific Units. 6th ed.* Chapman & Hall, London.
- Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice. 4th ed.* Charles C Thomas Publisher, Springfield.
- Morris CA *et al.* (1998). *The Ocular Surface, the Tear Film, and the Wettability of Contact Lenses*. In: Sullivan *et al.* (Eds.), *Lacrimal Gland, Tear Film, and Dry Eye Syndromes 2*. Plenum Press, New York.
- O'Neal MR *et al.* (1984). *Corneal response to rigid and hydrogel lenses during eye closure*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 837-842.

Polse KA, Mandell RB (1971). *Critical oxygen tension at the corneal surface*. Arch Ophthalmol-Chic. 84: 505

Polse KA (1979). *Tear flow under hydrogel contact lenses*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 18: 409-413.

Refojo MF *et al.* (1984). *Gas Transmission. Chapter 10*. In: Dabezies OH (Ed.): *Contact Lenses*. Grune & Stratton, Orlando.

Winterton L *et al.* (1987). *Coulometric method for measuring oxygen flux and Dk of contact lenses and lens materials*. ICLC. 14: 441-452.

Winterton L *et al.* (1988). *Coulometrically determined oxygen flux and resultant Dk of commercially available contact lenses*. ICLC. 15: 117-123.



Unit 6.3

(1 Jam)

Kuliah 6.3: Karakteristik Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen

Tinjauan Pelajaran

Kuliah 6.3: Karakteristik Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen

- I. Persyaratan Oksigen pada Kornea
- II. Permeabilitas dan Transmisibilitas RGP
- III. Permeabilitas dan Transmisibilitas LKL
- IV. Pembengkakan Kornea dengan Lensa Kontak

Kuliah 6.3

(1 Jam)

Karakteristik Lensa Kontak dan Transmisi Oksigen

Daftar Isi

I Persyaratan Oksigen pada Kornea.....	59
I.A Persyaratan Oksigen untuk Mencegah Pembengkakan Kornea.....	60
II Penyediaan Oksigen untuk Kornea.....	62
III Permeabilitas dan Transmisibilitas RGP	65
III Permeabilitas dan Transmisibilitas LKL.....	67
IV Pembengkakan Kornea dengan Lensa Kontak.....	70

I Persyaratan Oksigen untuk Kornea

1



6L398300-1

Lensa kontak dan Transportasi Oksigen ke Kornea

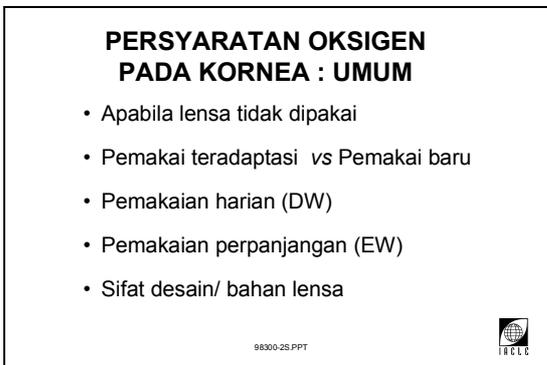
Tujuan utama riset dan perkembangan lensa kontak adalah untuk meningkatkan permeabilitas oksigen bahan sehingga tingkat oksigen yang tersedia untuk kornea saat pemakaian lensa ditambahkan.

Penerobosan dalam sifat kimiawi bahan hidrogel, siloxane elastomer dan rigid gas permeable lens telah menghasilkan lensa kontak dengan jangkauan transmisibilitas oksigen yang besar.

Karena perkembangan menghasilkan unjuk kerja oksigen yang tinggi, bahan lama yang tidak mempunyai kelebihan atau sifat khusus dihentikan dari garis produksi. Terutama dalam kasus bahan lensa RGP, hal ini berarti garis produksi sekarang berkisar dari unjuk-kerja sedang ke tinggi dari rendah ke sedang.

Isu yang tidak berhubungan dengan oksigen dimana bahan permeabilitas oksigen yang rendah tetap diminati termasuk harga ekonomis, cara pembuatan mudah, parameter yang stabil ketika dipakai dan kebasahan permukaan pada mata.

2



6L398300-2

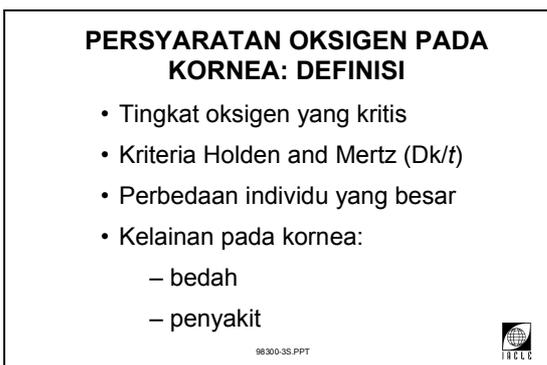
Persyaratan Oksigen untuk Kornea: Umum

Untuk mengerti efek lensa kontak terhadap struktur dan fungsi kornea, sangat perlu untuk mempertimbangkan persyaratan normal oksigen dalam kondisi dengan atau tanpa lensa kontak.

Pertanyaan utama adalah:

- Berapakah tingkat oksigen minimal yang diperlukan kornea untuk memelihara aktivitas metabolik yang normal?
- Apakah kebutuhan oksigen kornea berubah dengan pemakaian lensa?
- Efek apa saja tentang cara pemakaian yang berbeda terhadap kebutuhan oksigen untuk kornea?
- Bagaimana faktor bahan dan desain lensa mempengaruhi penyediaan oksigen untuk kornea saat pemakaian lensa?

3



6L398300-3

Persyaratan Oksigen untuk Kornea: Definisi

Banyak penyelidik yang coba mengukur dan mendefinisi jumlah oksigen yang diperlukan kornea untuk memelihara keberhasilan pemakaian lensa kontak.

Studi ini telah menyelidik beberapa fenomena yang berhubungan dengan pemakaian lensa kontak termasuk:

- Pembengkakan kornea
- Perubahan struktural
- Perubahan biokimia
- Perubahan reproduksi sel
- Perubahan perilaku sensoris kornea.

Polse dan Mandell (1971) menyelenggarakan salah satu studi awal yang mencoba untuk mendefinisikan persyaratan oksigen kritis kornea. Studi utama dalam bidang ini adalah dari Holden dan Mertz (1984). Holden and Mertz mencoba mendefinisikan transmisibilitas oksigen lensa kontak yang minimal untuk memenuhi kebutuhan berbagai cara pemakaian lensa kontak. Penilaian mereka tentang kebutuhan ini berdasarkan tingkat pembengkakan kornea (oedema) yang diukur oleh pakometri optikal.

Studi mereka berasal dari seri studi klinis yang banyak memberikan informasi berharga tentang persyaratan oksigen rata-rata untuk kornea manusia.

Akan tetapi, hal penting untuk dicatat adalah disebabkan perbedaan individu, banyak pemakai lensa kontak memerlukan oksigen melebihi rata-rata untuk memelihara fungsi kornea supaya normal sementara yang lain mungkin hanya memerlukan sedikit. Hanya pemakai dalam kategori pertama merupakan persoalan klinis.

Pertimbangan kebutuhan oksigen harus juga diberikan untuk kornea yang telah dibedah atau dipengaruhi proses penyakit (Holden *et al.* 1980).

Rincian lebih lanjut tentang persyaratan oksigen kritis berdasarkan kriteria fisiologis yang berbeda dan efek hipoxia pada kornea dibahas dalam Kuliah 6.1, Section IV.

I.A Persyaratan Oksigen untuk Mencegah Pembengkakan Kornea

4

PERSYARATAN OKSIGEN PADA KORNEA PEMAKAIAN LKL HARIAN

Untuk tidak bengkak dengan waktu pemakaian harian:

- $Dk/t = 24.1 \pm 2.7 \times 10^{-9}$
- EOP 9.9%

98300-4S.PPT



Persyaratan Oksigen Selama Pemakaian LKL Harian

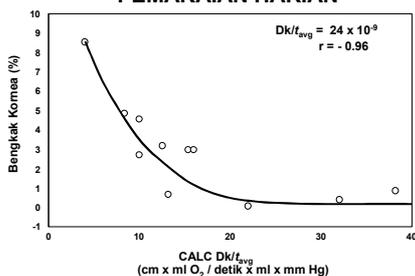
Secara fisiologis, LKL yang ideal, ketika dipakai secara harian (DW), tidak menyebabkan edema kornea (pembengkakan). Untuk meminimalkan pengaruh ini pada kornea, transmisibilitas oksigen LKL harus $24.1 \pm 2.7 \times 10^{-9}$ unit berdasarkan studi Holden dan Mertz (lihat slide 4 dan 5).

Kemungkinan lain, persyaratan oksigen ini dapat dijelaskan sebagai persentase oksigen ekuivalen (EOP) yang diperlukan permukaan kornea. Supaya pembengkakan nol selama DW, nilai EOP rata-rata harus 9.9% untuk kornea.

6L398300-4

5

OEDEMA vs Dk/t PEMAKAIAN HARIAN



98300-21S.PPT



6L398300-21

6

PERSYARATAN OKSIGEN PADA KORNEA PEMAKAIAAN LKL PERPANJANGAN

Untuk tidak ada sisa pembengkakan dengan mata tertutup:

- $Dk/t = 34.3 \pm 5.2 \times 10^{-9}$
- EOP 12.1%

98300-5S.PPT



6L398300-5

Persyaratan Oksigen Selama Pemakaian LKL Extended: Sisa Pembengkakan Nol

Setelah pemakaian LKL semalaman, kornea membengkak dengan jumlah yang berhubungan dengan transmisibilitas oksigen bahan. Setelah mata terbuka, kornea mulai menipis karena aktifitas metabolic bertambah akibat persediaan oksigen yang lebih tinggi.

Holden dan Mertz (1984) menentukan transmisibilitas oksigen LKL yang diperlukan untuk kembali ke garis dasar tebal kornea (tidak ada sisa edema siang hari) sebelum tahap penutupan mata berikutnya, apabila lensa dipakai secara extended.

Berdasarkan hitungan mereka, transmisibilitas oksigen LKL mesti 34.3×10^{-9} unit atau EOP 12.1%. Nilai Dk/t membatasi pembengkakan kornea semalaman kira-kira 8.0%.

7

PERSYARATAN OKSIGEN PADA KORNEA PEMAKAIAAN LKL PERPANJANGAN

Untuk edema 4.0% dengan pemakaian semalaman

- $Dk/t = 87.0 \pm 3.3 \times 10^{-9}$
- EOP 17.9%

98300-6S.PPT



6L398300-6

Persyaratan Oksigen Selama Pemakaian LKL Extended: Pembengkakan Semalaman Maksimal 4%

Secara fisiologis, LKL ideal untuk pemakaian extended adalah lensa yang tidak menyebabkan lebih pembengkakan kornea dari mata yang tidak memakai lensa dan telah tidur selama delapan jam. diikuti 8 jam tidur. Pembengkakan kornea normal, dan tanpa lensa adalah 4.0% (angka kepustakaan antara 3% dan 5.5%).

Untuk mencapai ini, transmisibilitas oksigen LKL harus 87.0×10^{-9} unit (slide 7 dan 8) atau nilai EOP 17.9% (Holden and Mertz 1984).

Baru-baru ini, bagian ini telah diperiksa ulang oleh Harvitt dan Bonanno (1999) dengan menggunakan model yang menggabung hasil mereka yaitu konsumsi oksigen pada kornea bertambah akibat dari proses keasaman korneation (Harvitt and Bonanno 1998).

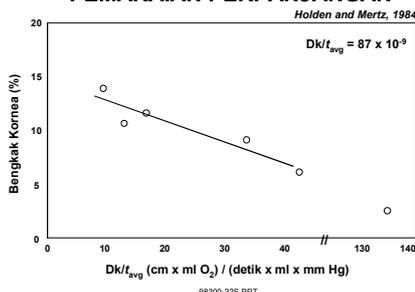
Untuk manusia, mereka menemukan nilai transmisibilitas oksigen lensa minimal yang dapat memberi oksigen pada sel basal epitel yaitu $23 (X10^{-9})$ untuk mata terbuka dan $89 (X10^{-9})$ untuk mata tertutup. Angka ini mendekati perkiraan Holden and Mertz (1984) yaitu (24 dan 87).

Untuk mencegah anoxia pada seluruh tebal kornea, Harvitt and Bonanno (1999) tegaskan kebutuhan transmisibilitas $35 (X10^{-9})$ untuk mata terbuka dan $125 (X10^{-9})$ untuk mata tertutup.

Angka ini merupakan nilai air tinggi yang baru dalam perkiraan kebutuhan oksigen minimal untuk mencegah respon kornea akibat hubungan dengan hipoxia. Generasi bahan RGP dan hidrogel yang mengandung siloxane dapat mencapai tingkatan ini sementara bahan generasi lalu tidak.

8

EDEMA SEMALAMAN vs Dk/t PEMAKAIAAN PERPANJANGAN



98300-22S.PPT



6L398300-22

II Penyediaan Oksigen untuk Kornea

9

PENYEDIAAN OKSIGEN DINAMIS

- Kadar pertukaran airmata setelah kedip:
 - LKL 1% per kedip
 - RGP 15 - 20% per kedip
- Kedipan
 - kadar
 - kualitas (kesempurnaan)
- Sifat fitting RGP vs SCL

98200-7S.PPT



6L298200-7

Dinamika Lensa dan Penyediaan Oksigen

Pengukuran transmisibilitas oksigen menggambarkan indikasi jumlah oksigen yang akan melewati keseluruhan lensa dan seterusnya ke kornea.

Akan tetapi, hal penting adalah untuk menilai pertukaran airmata dibelakang lensa kontak karena oksigen juga sampai ke kornea melalui cairan airmata. Isu ini dibahas dalam Kuliah 6.1, Section I.B.

Lensa lunak hanya mempunyai pertukaran air mata yang minimal dengan setiap kedipan karena diameter total lensa yang besar dan kelenturan mengikuti bentuk permukaan kornea dan konjungtiva (Polse 1979). Parrish dan Larke (1981) juga menunjukkan bukan hanya popa airmata LKL itu kecil tetapi pompa itu juga agak berbeda dengan fit lensa. Sebagai akibat, faktor transmisibilitas lensa kontak adalah penentuan utama penyediaan oksigen ke kornea untuk lensa kontak lunak.

Disebaliknya lensa RGP dapat menyediakan oksigen yang cukup banyak untuk mata daripada LKL, melalui pertukaran airmata yang terjadi dengan setiap kedipan. Pertukaran airmata yang cukup banyak ini disebabkan oleh diameter total lensa yang lebih kecil dan gerakan lensa pada mata yang lebih banyak.

Diperkirakan ada 10-20% dari airmata di belakang lensa RGP yang tertukar dengan airmata yang beroksigen setelah berkedip.

Oleh karena itu, kadar kedipan, sifat kesempurnaan dari setiap kedipan dan transmisibilitas pada pemakai lensa kontak RGP adalah penentuan penting oksigenasi kornea.

10

GERAKAN GAS MELALUI LENSA

- Komposisi polimer
- Efek suhu
- Tekanan sebagian gas pada permukaan
- Tebal lensa
- Efek lapisan pembatas

98200-8S.PPT



6L298200-8

Gerakan Gas Melalui Lensa Kontak

Ada lima parameter utama yang mempengaruhi permeabilitas oksigen bahan lensa kontak.

Parameter yang terpenting adalah komposisi dari polimer yang membuat lensa.

11

DIFUSI GAS

Molekul berpindah melalui 'microvoids' (ruang intramolekuler) didalam matriks bahan



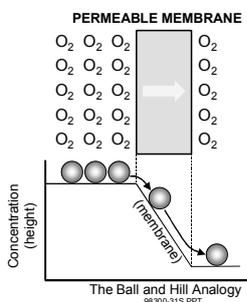
98200-95.PPT

6L298200-9

12

KONSENTRASI GRADIENT

PERMEABLE MEMBRANE



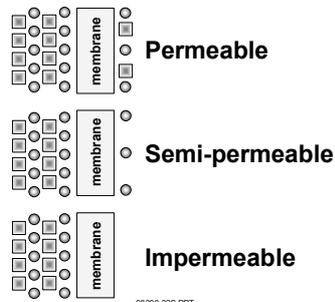
The Ball and Hill Analogy
98300-315.PPT



6L398300-31

13

PERMEABILITAS



98300-325.PPT



6L398300-32

Difusi Gas

Difusi adalah proses dimana molekul gas (atau molekul unsur lain) bergerak di dalam unsur gas lain (atau cairan atau padat) untuk mengisi ruang tersedia yang tidak penuh/rata. Hal ini dimungkinkan oleh gerakan molekul yang sembarangan dan berterusan dengan suhu di atas nol absolut, yaitu 0°K atau -273.15°C. Pada suhu nol absolut (hanya perkiraan tetapi sampai hari ini belum tetap) semua gerakan dan difusi apa saja akan berhenti.

Apabila konsentrasi suatu zat lebih tinggi dalam suatu bagian dalam ruang tertutup, jumlah molekul yang menabrak dalam ruang ini juga lebih besar. Ini mengakibatkan, kecenderungan molekul untuk mengatur jarak secara merata dengan waktu. Dalam keadaan ini, tabrakan berkurang yaitu keadaan dimana energi paling sedikit ini dikeluarkan saat tabrakan.

Demikian pula, apabila konsentrasi gradien melalui suatu membrana, kecenderungan molekul untuk melewati dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi rendah sampai waktu dimana kedua konsentrasi berimbang (slide 12).

Akan tetapi, ada membrana yang tahan (permeabilitas terbatas) atau mencegah (tidak tembus) transfer molekul. Ada yang selektif dan memungkinkan beberapa jenis molekul untuk lewat sementara molekul lain tidak dapat lewat, dan ini disebut semi-permeable (slide 13).

Jika membrana ditembus oleh suatu zat yang dipertanyakan, molekul bukan hanya lewat dalam satu arah tetapi efek sebenarnya adalah aliran itu bersifat arah tunggal. Hal ini disebabkan oleh aktifitas molekul dalam sisi konsentrasi rendah dimana ada aliran molekul yang melawan gradien konsentrasi.

Akan tetapi, untuk setiap molekul yang melawan gradien, ada banyak yang mengikuti gradien karena frekuensi kolisi lebih besar dalam ruang berkonsentrasi tinggi. Hal ini mengakibatkan aliran sebenarnya dari ruang berkonsentrasi tinggi ke ruang berkonsentrasi rendah.

Pada akhirnya, jumlah molekul yang melewati arah mana pun akan mencapai keadaan seimbang. Hal ini hanya terjadi apabila konsentrasi pada kedua sisi membrana adalah sama.

Molekul gas yang menabrak membrana molekul mengakibatkan gagalnya molekul gas untuk melewati membrana, atau jalan lain perlu diambil karena defleksi atau refleksi molekul dari titik awal.

Sebagai rangkuman: apabila membrana memisahkan suatu campuran gas, molekul dalam konsentrasi tinggi didorong oleh energi kinetik mereka (gerakan molekul), dan mengakibatkan kolisi ke dalam dan melewati membrana ke sisi konsentrasi yang rendah (after Refojo *et al.* 1984).

Kadar transfer tergantung secara besar kepada konsentrasi gradien (perbedaan dalam tekanan sebagian), suhu (mempengaruhi tingkat agitasi molekul) dan sifat membrana itu sendiri.

Gas dapat mendifusi kedalam dan melalui bahan lensa jika molekul gas dapat mencari (dan mengisi) 'kekosongan' (ruang bebas polimer) (Hill 1978) atau 'microvoids' dalam struktur (Caroline and Ellis 1986).

Contoh proses ini adalah ketika sebuah bola tennis di buang dari kaleng penyimpanan yang bertekanan. Ketika dibuat tekanan dalam kaleng adalah lebih besar dari dalam bola, bola akan seperti dikempa dan udara yang tertangkap dalam bola tidak dapat lepas. Dengan waktu, tekanan di dalam dan di luar bola akan menjadi seimbang dengan tekanan udara dalam kaleng yang masuk kedalam bola. Setelah membuka kaleng, udara dalam bola mendifusi melalui pori-pori mikro atau kekosongan dalam lapisan karet. Dengan cara ini, bola dengan perlahannya tidak dapat lambung dan menjadi kempes (tekanan dalam bola hanya tekanan atmosfer).

Setiap bahan (padat, cair atau gas) mempunyai sifat dasar yang disebut difusi koefisien yaitu dengan simbol **D**. **D** dalam persamaan untuk permeabilitas oksigen, **P = Dk**. Untuk rincian **k** dan **P** lihat slide dan teks berikutnya.

14

DAYA LARUT GAS

- Proses serap gas dalam bahan
- Hampir sama dengan sepon yang menyerap dan memegang air
- Gas dapat larut dalam bahan

98200-10S.PPT



6L298200-10

Daya Larut Gas

Proses daya larut gas dalam lensa kontak adalah seperti respon yang menyerap dan memegang suatu cairan (Caroline and Ellis 1986).

Bahan lensa kontak mempunyai koefisien daya larut khusus yang diketahui dengan simbol **k** dalam rumus permeabilitas oksigen (**P**)

$$P = Dk$$

Disebabkan oleh kesulitan praktis dalam mengukur **k**, maka biasanya kuantitas **Dk** secara langsung adalah dengan pengkalian komponennya (**D** dan **k**) (Fatt 1976).

III Permeabilitas dan Transmisibilitas Lensa RGP

15

PERMEABILITAS RGP

- Ikatan Siloxane (Si-O-Si) menghasilkan ruang ukuran molekular / 'voids'
- Ukuran, rotasi dan kelenturan ikatan mempengaruhi permeabilitas
- Konsentrasi gradien

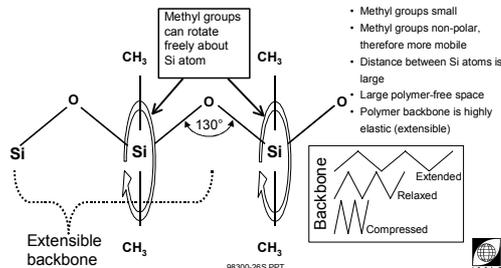
98300-7S.PPT



6L398300-7

16

**BAHAN RGP
KOMPONEN SILOXANE**



6L398300-26

17

PERMEABILITAS RGP

Proses tiga langkah:

- Gas larut kedalam permukaan depan lensa
- Difusi melewati inti lensa
- Gas meninggalkan permukaan belakang lensa dan larut kedalam selaput airmata

98300-8S.PPT



6L398300-8

18

PERMEABILITAS RGP

- Permeabilitas adalah fungsi dari gerakan molekular dan / daya larut
- Permeabilitas ditingkatkan oleh:
 - Perbaikan sifat permukaan
 - Suhu lebih tinggi
 - Mengurangi cross-linking
 - Tekanan atmosfer yang lebih besar
- Polimer melibatkan kompromi

98300-10S.PPT



9L1300-10

Permeabilitas oksigen Lensa Kontak RGP

Kebanyakan bahan lensa kontak mengandung siloxane, nama generic untuk komposisi kimia yang menggabungkan silikon dengan oksigen (Si-O-Si), atau disebut sebagai ikatan siloxane.

Ikatan ini dapat berotasi dan berlentur (termasuk perpanjangan dan kompresi yang nyata) (slide 16).

Saat bergerak, ruang ukuran molekular yang memungkinkan gas untuk tembus dibentuk dalam bahan. Walaupun ruang ini hanya sesaat, tetapi ruang ini terbuka cukup lama sehingga memungkinkan molekul oksigen untuk lewat. Ruang ini tidak mesti dianggap lubang tetapi harus dilihat sebagai kekosongan nyata (Caroline and Ellis 1986). Derajat dimana proses ini terjadi dalam bahan disebut sebagai difusi koefisien (**D**) dalam persamaan permeabilitas oksigen **P = Dk**.

Konsentrasi gradien dibentuk sepanjang tebal lensa, yaitu antara permukaan depan dan belakang lensa in situ. Hal ini disebabkan konsumsi oksigen dari airmata oleh kornea (atau kornea dan bagian luar mata dalam kasus LKL). Oksigen yang melalui sepanjang gradien ini, melalui lensa, ke mata dan seterusnya menyediakan untuk bagian luar mata dengan lapisan air mata.

Difusi oksigen melalui bahan adalah hanya satu komponen dari permeabilitas lensa. Nilai **k** dalam persamaan permeabilitas adalah daya larut oksigen dalam bahan. Oksigen lebih larut dalam siloxane acrylate yang berfluorine daripada siloxane acrylate.

Daya larut oksigen dalam bahan RGP dimulai dengan penyerapan gas (oksigen) melalui permukaan depan lensa. Oksigen kemudian berlarut ke dalam bahan lensa melalui dan ke permukaan belakang dibawah pengaruh konsentrasi gradien yang telah dijelaskan sebelumnya. Lalu oksigen ini meninggalkan permukaan belakang dan memasuki lapisan air mata dengan proses disolusi.

Faktor yang menentukan permeabilitas oksigen lensa RGP adalah:

- Komposisi polimer
- Suhu
- Tekanan sebagian pada permukaan luar
- Lapisan pembatas (interfase lensa/airmata).

Ahli kimia polimer yang mencipta bahan RGP harus memastikan ada sifat yang tidak dapat dikompromi dalam percobaan untuk menciptakan tingkat oksigen yang tinggi. Sifat-sifat itu termasuk:

- Kekakuan
- Daya tahan
- Kebasahan
- Stabilitas jangka panjang.

19

**BAHAN RGP
KOMPONEN FLUORINE
OKSIGEN YANG TERLARUT**

Acrylic (PMMA)	Siloxane Acrylate	Fluoro-Siloxane Acrylate
O ₂	O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂	O ₂ O ₂

98300-27S.PPT

6L398300-27

20

**PERMEABILITAS RGP
BAHAN BERFLUORINE**

- Siloxane lebih mudah ditembus dari flourine
- Polimer dengan fluorine mempunyai sifat permukaan yang superior
- Fluorine meningkatkan daya larut oksigen dalam bahan

98300-9S.PPT

6L398300-9

21

**LENSA KONTAK RGP
PENYEDIAAN OKSIGEN**

- Permeabilitas bahan
- Efek deposit adalah minimal
- Tebal lensa/BVP
- Pertukaran airmata per kedipan
- Tebal lapisan airmata dibawah lensa

98300-11S.PPT

6L398300-11

Permeabilitas Bahan RGP Berfluorine

Bahan lensa kontak siloxane acrylate telah dikembangkan lagi dengan penambahan monomer yang berisi fluorin.

Permeabilitas oksigen yang lebih tinggi dari bahan fluoro-siloxane acrylate didapatkan karena komponen flourin dan siloxane.

Akan tetapi, ikatan siloxane menyediakan tingkat permeabilitas oksigen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penambahan fluorin, iaitu semua hal2 lain tetap, faktor siloxane lebih berpengaruh dari fluorin.

Sementara bahan lensa berfluorin lebih banyak dilalui oksigen karena sifat daya larut oksigen yang lebih tinggi (slide 19), keunggulan utama dari bahan polimer berfluorin adalah sifat permukaan yang diperbaiki jika dibandingkan dengan bahan siloxane-acrylate. Interaksi antara lensa dan komponen airmata seperti protein, lendir dan lipid secara signifikan berkurang sehingga deposit lebih sedikit.

Sifat permukaan yang disempurnakan dan ditambah pula permeabilitas oksigen

yang lebih tinggi membuat bahan fluoro siloxane acrylate sebagai bahan pilihan untuk kebanyakan pasien yang membutuhkan, atau mereka yang memilih memakai lensa kontak RGP.

Penyediaan Oksigen ke Kornea dengan Lensa RGP

Penyediaan oksigen ke kornea saat pemakaian lensa RGP ditentukan oleh beberapa faktor.

Kebanyakan oksigen yang tersedia untuk kornea difusi melalui lensa. Oleh karena itu, permeabilitas oksigen bahan lensa adalah penentuan utama penyediaan oksigen ke kornea.

Sifat desain seperti BVP lensa dan tebal rata-rata memainkan peranan penting dalam menentukan transmibilitas oksigen lensa in situ. Akan tetapi secara rutin, lensa RGP dipasang dalam kisaran tebal tengah yang kecil. Disebabkan ini, permeabilitas bahan dan BVP adalah sifat yang paling penting apabila mempertimbangkan unjuk-kerja suatu lensa.

Oksigen juga tersedia untuk kornea via airmata. Pertukaran airmata antara waduk airmata, pada dan dibawah, tepi lensa dan airmata dalam lapisan airmata terjadi akibat gerakan lensa di mata. Hal ini disebut 'pompa airmata', daya dorong yang normal saat kedipan.

Walaupun, pompa airmata lebih efektif dengan lensa RGP, airmata merupakan sumber oksigen kornea yang kurang efektif daripada transmisi melalui lensa permeabilitas tinggi.

III Permeabilitas dan Transmisibilitas LKL

22

PERMEABILITAS LKL

- Aliran gas melalui fasa air (bukan polimer)
- Jangkauan kadar air
- Sifat air dalam polimer
 - lekat (air yang tidak beku)
 - bebas (air yang beku)

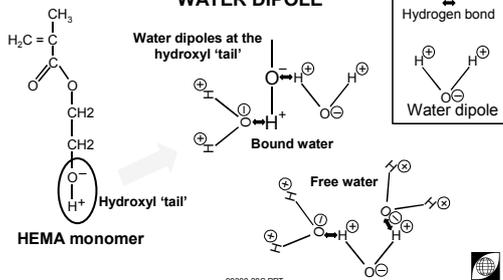
98300-12S.PPT



6L398300-12

23

**KADAR AIR
WATER DIPOLE**



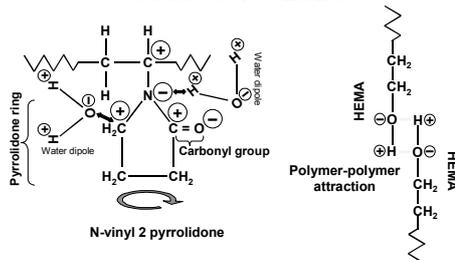
98300-28S.PPT



6L398300-28

24

**KADAR AIR
FAKTOR POLIMER**



98300-29S.PPT



Permeabilitas Oksigen Bahan Lensa Hidrogel

Secara umum, polimer yang digunakan untuk produksi lensa hidrogel digolongkan dengan kadar air. Biasanya, kadar air adalah persentase keseluruhan lensa apabila lensa dihidrasi sepenuhnya dalam larutan saline.

Suhu harus dicatat karena jumlah air yang terisi dalam lensa tergantung pada suhu. Biasanya, semakin suhu dalam hidrogel naik, maka kadar air turun (Tighe 1989). Hal ini mempunyai efek nyata pada permeabilitas oksigen bahan, seperti yang terlihat dibawah.

Sebagai tambahan, kadar air bahan tergantung pada sifat kimiawi dari polimer. Faktor-faktor termasuk:

- Tipe, jumlah, kepadatan lokasi bermuatan dimana polar air dipol tertarik (slide 23).
- Keberadaan muatan lain yang akan berlawanan dengan air untuk lokasi bermuatan yang sama.
- Daya tarik polimer (lihat sisi kanan slide 24).
- Adanya kelompok polimer lain, rangkaian yang berlawanan dengan air untuk ruang molekul atau akan melindungi lokasi bermuatan dari air dipol.
- Kehadiran kelompok dengan rangkaian yang akan melindungi lokasi bermuatan dari jenis pola besar lain dimana kelompok ini terlalu besar untuk akses sehingga memungkinkan air dipol siap mengakses.

Aliran oksigen melalui lensa kontak hidrogel tergantung pada sifat air dalam bahan. Oksigen melewati lensa disebabkan oleh gas tertentu yang terserap air. Tidak ada transfer fase gas dalam hidrogel. Semua transfer terjadi dalam fase difusi yaitu. Gerakan oksigen melalui hidrogel tergantung pada daya larut oksigen dalam air (Fatt 1987). Molekul oksigen tidak tembus melalui bahan polimer itu sendiri tetapi mengifusi secara besar-besaran melalui pori-pori yang terisi air dalam lensa. Ada oksigen yang larut ke dalam bahanitu sendiri.

Oleh karena itu, permeabilitas oksigen dari air adalah faktor utama dalam membatasi jumlah oksigen yang mencapai kornea melalui lensa hidrogel. Air lebih tembus daripada karbon dioksida yang meninggalkan kornea karena daya larut dan interaksi kimia dengan air.

Untuk mengkonsepkan oksigen yang terlarut, Fatt (1978) menggunakan analogi gas (identitas gas tidak penting tetapi yang ada adalah karbon dioksida) berada dalam minuman (berkarbon) yang tertutup. Minuman ini memasukan gas yang yang dilarutkan dan ditutup. Dan ketika botol minuman dibuka, gas masih tetap ada.

25

PERMEABILITAS LKL

- Aliran gas melalui fasa air (bukan polimer)
- Jangkauan kadar air
- Sifat air dalam polimer
 - lekat (air yang tidak beku)
 - bebas (air yang beku)

98300-12S.PPT



6L398300-13

26

POLIMER LKL NOVEL

- Biphasic block-copolymer
- Fasa siloxane-based polymeric
- Digabung dengan fasa air
- Permeabilitas O₂ bertambah apabila kadar H₂O dikurangi

98300-24S.PPT



6L398300-24

Pada umumnya, permeabilitas oksigen bertambah apabila kadar air bertambah. Akan tetapi permeabilitas oksigen dari air itu sendiri menentukan batas atas jumlah oksigen yang dapat sampai ke kornea melalui lensa hidrogel. Selanjutnya, sifat kimiawi simpanan air dalam bahan hidrogel juga menentukan betapa mudah oksigen dapat lewat lensa dan sampai ke lapisan airmata. Untuk ini, maka perlu untuk membedakan antara metode simpanan air dalam matrik lensa.

Ada dua metode simpanan air – dibatasi dan bebas. Dalam bahan hidrogel, sebagian air yang molekulnya bermuatan atau dipol, secara elektrostatis terikat pada polimer oleh ikatan hydrogen (slide 23). Sifat air berubah karena ketarikan ini dimana ia bukan lagi tersedia sebagai alat transport melalui lensa. Air terikat ini juga disebut sebagai air yang tidak beku (non-freezing water) (Mirejovsky *et al.* 1993).

Faktor lain terlibat dalam simpanan air pada tingkat molekul. Misalnya, pada kasus bahan dengan vinyl pyrrolidone, ketarikan air yang utama adalah atom nitrogen yang bermuatan negatif dalam rangkaian pyrrolidone (slide 24).

Walaupun rangkaian itu sendiri dapat berputar pada tulang-belakang (yaitu pada ikatan C–N) sifatnya yang tidak fleksibel mengurangi ketarikan antara ikatan itu dengan rangkaian pyrrolidone dalam bahan. Pentingnya, sifat N yang terlindung memungkinkan air untuk mengikat, sementara membatasi akses dari kelompok lain.

Muatan pada kelompok karbonyl (C=O) adalah kecil dan hanya sedikit menyumbang dalam ketarikan polimer dengan polimer atau polimer – air serta mempunyai signifikan terbatas (bagian ini dari Frankland 1973).

Banyak dari air dalam polimer hidrogel bebas untuk membawa oksigen dari permukaan depan sampai ke kornea. Sejauh perhatian dalam transport oksigen, rasio air yang terikat dengan yang bebas air adalah penting daripada kadar air keseluruhan bahan lensa.

Polimer baru yang diciptakan untuk digunakan LK Lunak mempunyai potensi menyediakan oksigen yang cukup tinggi untuk kornea. Suatu contoh bahan baru ini adalah biphasic block-copolymer dari polimer permeabilitas oksigen tinggi dengan dasar siloxane. Disebabkan oleh sifat biphasic bahan ini, permeabilitas oksigen bertambah sementara kadar air berkurang (Alvord *et al.* 1998).

Perwarnaan yang digunakan dalam lensa kontak lunak dapat mempengaruhi transmisibilitas oksigen. Pada umumnya, perwarnaan transparan tidak mempunyai efek terhadap transmisibilitas oksigen. Akan tetapi, lensa tinted opak dapat mengurangi aliran oksigen ke kornea karena secara relatif bahan gambar seni yang opak tidak dapat ditembus.

27

TRANSMISIBILITAS LKL

- Pertimbangan ketebalan:
 - Rata-rata vs tengah
 - BVP
- Mempengaruhi respon fisiologis

98300-14S.PPT



6L398300-14

28

TRANSMISIBILITAS LKL

- Dk/t bertambah dengan:
 - Kadar air lebih tinggi (ketebalan tertentu)
 - Lensa lebih tipis (kadar air tertentu)
- Dk/t paling tinggi dengan lensa tipis, kadar air sedang
- Deposit banyak dapat mengurangi Dk/t

98300-15S.PPT



6L398300-15

Transmisibilitas Oksigen Bahan Hidrogel

Ketebalan lensa hidrogel juga mempengaruhi jumlah oksigen yang ditembus. Sifat tebal LKL mempengaruhi kedua transmisibilitas oksigen dan unjuk kerja klinis lensa.

Perhitungan transmisibilitas oksigen LKL harus mempertimbangkan tebal rata-rata lensa. Bagian tengah lensa tidak mewakili jumlah oksigen yang sampai ke permukaan luar kornea. Hal ini khusus apabila dalam mempertimbangkan lensa berkekuatan plus atau minus tinggi.

Ketebalan juga mempengaruhi sifat dehidrasi bahan pada dan lepas dari mata. Umumnya, semakin tebal lensa, semakin kurang dehidrasi lensa. Hal ini disebabkan oleh daya tahan yang kuat terhadap aliran air melalui lensa yang tebal.

Akan tetapi, ketebalan juga mengurangi transmisibilitas oksigen. Jika lensa kadar air tinggi terlalu tipis, tingkat noda kornea makro punctate koalescent akan terjadi disebabkan oleh penguapan dini (pervaporation) (Holden *et al.* 1986). Oleh karena ini, perancang lensa atau praktisi mesti menyibangi pemasangan lensa transmisibilitas tinggi (lensa tipis) serta mencegah noda pervaporation (lensa tebal). Transmisibilitas oksigen lensa hidrogel menunjukkan seluruh unjuk kerja fisiologis yang diperkirakan pada mata. Dengan mengetahui Dk/t lensa, praktisi dapat mengklasifikasikan lensa berdasarkan kriteria Holden dan Mertz dalam pemakaian harian dan extended yang aman.

Perubahan dalam kadar air bahan serta desain lensa dapat mempengaruhi transmisibilitas oksigen. Berdasarkan unjuk kerja klinis, praktisi mungkin beda ketentuan dalam mencapai persediaan oksigen yang lebih tinggi untuk kornea.

Untuk tujuan praktek, jumlah deposit yang sedikit ke sedang pada permukaan tidak mempengaruhi Dk/t lensa. Transmisibilitas oksigen agak berkurang apabila deposit banyak.

IV Pembengkakan Kornea dengan Lensa Kontak

29

**PEMBENGGAKAN KORNEA
PEMAKAIAN LKL HARIAN**

• Bahan HEMA, 8 jam pemakaian

t_c (mm)	Bengkak (%)
0.13	8
0.07	5
0.03	1

La Hood, CCLRU Data 98300-16S.PPT IACLE

6L398300-16

30

**PEMBENGGAKAN KORNEA
SCL DAILY WEAR**

• Bahan HWC (75%), 8 jam pemakaian

t_c (mm)	Bengkak(%)
0.3	2
0.15	0.5

La Hood, CCLRU Data 98300-23S.PPT IACLE

6L398300-23

31

**PEMBENGGAKAN KORNEA
PEMAKAIAN LKL SEMALAMAN**

Bahan (pakai 8 jam)	Bengkak (%)
Kadar air rendah	12
Kadar air sedang	10
Kadar air tinggi	11
Polimer Novel	4
Siloxane Elastomer	2.5

La Hood, CCLRU Data 98300-18S.PPT IACLE

9L198300-18

Pembengkakan Kornea dengan Pemakaian Lensa Kontak Lunak

Polimer hidrogel yang paling umum digunakan adalah hydroxy-ethyl methacrylate (HEMA), yaitu bahan lensa lunak pertama yang sangat berhasil. HEMA adalah bahan kadar air rendah (kira-kira 38.0%), non-ionik dan bahan ini telah digunakan untuk membuat lensa dengan semua teknologi pembuatan yang ada.

Menariknya, metode pembuatan mempengaruhi sifat fisik lensa yang sudah jadi. Salah satu adalah permeabilitas oksigen dan kemungkinan alasan untuk perbedaan dalam Dk bahan adalah gagal memperhatikan teknik pembuatan yang digunakan untuk membuat lensa yang di tes.

Semakin bertambah tebal lensa, semakin berkurang transmisi oksigen dan akibatnya tingkat pembengkakan kornea lebih tinggi. Pembengkakan adalah minimal dengan lensa HEMA ultra tipis yang dipakai melebihi delapan jam. Lensa yang lebih tebal dan torik serta berkekuatan plus (umumnya $t_c = 0.13$ mm) menyebabkan 8% pembengkakan kornea.

Lensa tebal 0.15 mm dari bahan kadar air tinggi (mis. 74%) menyebabkan pembengkakan kira-kira 0.5% setelah pemakaian harian selama delapan jam. Lensa ini lebih cocok untuk resep plus dan torik dari bahan kadar air rendah.

Pada pasien miop yang menggunakan lensa hidrogel secara extended, tingkat edema kornea sepanjang fase pemakaian dengan mata tertutup sedikit berbeda antara lensa yang dianggap optimum untuk cara pemakaiannya. Lensa ini adalah:

- Ultra tipis, kadar air rendah
- Tipis, kadar air sedang
- Kadar air tinggi.

Umumnya, lensa extended wear ini menyebabkan kira-kira 8-12% pembengkakan kornea setelah menutup mata selama delapan jam. Perbandingan ini tidak memuaskan dengan terjadinya 3-4% pembengkakan pada mata yang rata-rata tidak memakai lensa.

Perkembangan baru bahan hidrogel siloxane untuk pemakaian LKL secara extended telah menghasilkan respon pembengkakan yang lebih baik yaitu kira-kira 2-3% setelah delapan jam tidur. Dalam studi oleh Fonn *et al.* (1998) yang membandingkan lensa hidrogel siloxane, Dk tinggi (140) (lotrafilcon A) dengan lensa hidrogel Dk rendah (28) (etafilcon A), pembengkakan kornea setelah delapan jam tidur adalah 2.7% (SD $\pm 0.4\%$) dengan lensa Dk tinggi dan 8.6% (SD $\pm 0.6\%$) dengan lensa Dk rendah. Lensa generasi baru mempunyai transmisi oksigen yang lebih tinggi dari lensa sebelumnya dan sekarang lensa ini dipasarkan ulang sebagai lensa extended wear.

32

PEMBENGGAKAN KORNEA PEMAKAIAN RGP HARIAN

Bahan (pakai 8 jam)	Bengkak (%)
PMMA	6
Dk rendah	3 - 4
Dk menengah	1
Dk tinggi	0

La Hood, CCLRUData

98300-17S.PPT



6L398300-17

Pembengkakan Kornea dengan Pemakaian Lensa RGP

Tingkat transmisibilitas oksigen yang lebih tinggi tercapai dengan lensa RGP jika dibandingkan dengan hasil pembengkakan kornea yang berkurang selama memakai LKL secara harian. Penyediaan oksigen tambahan melalui mekanisme pompa air mata dengan lensa RGP mengakibatkan tingkat edema rendah. Hanya lensa RGP dengan Dk/t yang sangat rendah menyebabkan pembengkakan kornea yang nyata.

Apabila lensa RGP dengan transmisibilitas oksigen rendah dipakai semalaman, tingkat edema kornea akibat itu hampir sama dengan hasil yang dicapai oleh lensa hidrogel konvensional sekarang.

Apabila lensa RGP dengan transmisibilitas oksigen yang sangat tinggi dipakai semalaman, pembengkakan kornea 5-6% terjadi dan sebaiknya dibandingkan dengan mereka yang tidak memakai lensa 3-4%. Dalam pemakaian extended, kelebihan lensa RGP dari LKL adalah kecepatan edema kornea membaik setelah mata terbuka. Hal ini disebabkan terutama oleh sifat transmisibilitas oksigen yang terbaik dari lensa RGP, serta pertukaran airmata yang terjadi apabila lensa bergerak di kornea saat kedepan.

33

PEMBENGGAKAN KORNEA PEMAKAIAN RGP SEMALAMAN

Bahan (8 hrs wear)	Bengkak (%)
Dk rendah	10-13
Dk menengah	7-9
Dk tinggi	5-6

La Hood, CCLRUData

98300-19S.PPT



6L398300-19

34

SILOXANE ELASTOMER

- Polimer dimethyl polysiloxane
- Bersifat hidrofobik
- Polimer murni dan sangat tembus oksigen
- Permeabilitas dari polimer 'terisi' sangat rendah

98300-25S.PPT



6L398300-25

Pembengkakan Kornea dengan Pemakaian Lensa Kontak Siloxane Elastomer

Lensa siloxane elastomer mempunyai transmisibilitas oksigen yang paling tinggi dari antara lensa kontak yang ada sekarang. Lensa ini tidak menyebabkan pembengkakan selama pemakaian harian. Tingkat pembengkakan setelah pemakaian semalaman adalah secara paradoks lebih kecil jika dibandingkan ketika tanpa lensa 3.6% (Sweeney and Holden 1987).

Beberapa kemungkinan penjelasan untuk menjelaskan fenomena ini (slide 35) tetapi alasan tetap tidak jelas.

Lensa kontak harus lebih aman dalam masa yang akan datang karena:

- Transmisibilitas akan diperbaiki lebih lanjut apabila bahan baru tercipta.
- Masalah penguapan dini akan berkurang dan ini memungkinkan penggunaan lensa tipis yang lebih aman dan dengan demikian transmisibilitas lebih baik.
- Sifat permukaan akan diperbaiki sehingga kerusakan permukaan berkurang.
- Pengertian kita tentang isu mikrobiologi dan imun yang tidak dipecahkan akan bertambah sehingga tindakan pemecahan akan tersedia.

35

SILOXANE ELASTOMER PEMBENGGAKAN KORNEA

- Pembengkakan semalaman berkurang dari tanpa lensa 2.0% vs 3.6%
- Kemungkinan alasan:
 - Daya tahan aliran O_2 dari kelopak mata berkurang
 - Lagophthalmos disebabkan oleh lensa
 - Tingkat CO_2 berubah
 - Perubahan tonisitas berkurang

98300-20S.PPT



6L398300-20

 **Kepustakaan**

- Alvord L *et al.* (1998). *Oxygen permeability of a new type of high Dk soft contact lens material*. *Optom Vis Sci.* 75: 30-36.
- Caroline PJ, Ellis EJ (1986). *Review of the mechanisms of oxygen transport through rigid gas permeable lenses*. *Int Eyecare.* 2(4): 210-213.
- Efron N, Brennan NA (1992). *Corneal Oxygen Consumption and Hypoxia. Chapter 7*. In: Bennett ES, Weissman BA (Eds.). *Clinical Contact Lens Practice*. JB Lippincott Company, Philadelphia.
- Fonn D *et al.* (1998). *Apparent sympathetic response of contralateral nonlens wearing eyes after overnight lens wear in the fellow eye*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 39(4) (Suppl.): 1559.
- Frankland JD (1973). *What lets the water in?* *Optician.* 165(Dec. 7).
- Harvitt DM, Bonanno JA (1996). *Direct noninvasive measurement of tear oxygen tension beneath gas-permeable contact lenses in rabbits*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 37(6): 1026-1036.
- Harvitt DM, Bonanno JA (1998). *pH dependence of corneal oxygen consumption*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 39(13): 2778-2781.
- Harvitt DM, Bonanno JA (1999). *Re-evaluation of the oxygen diffusion model for predicting minimum contact lens Dk/t values needed to avoid corneal anoxia*. *Optom Vis Sci.* 76(10): 712-719.
- Hill RM (1978). *The Physiology of Soft Lens Systems. Chapter 4*. In: Ruben M (Ed.), *Soft Contact Lenses: Clinical and Applied Technology*. Baillière Tindall, London.
- Holden BA *et al.* (1980). *Corneal swelling response of the aphakic eye*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 19: 1394-1397.
- Holden BA, Mertz GW (1984). *Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses*. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25: 1161-1167.
- Holden BA *et al.* (1986). *Epithelial erosions caused by thin high water content lenses*. *Clin Exp Optom.* 69: 103-107.
- La Hood D *et al.* (1988). *Overnight corneal edema with hydrogel, rigid gas-permeable and silicone elastomer contact lenses*. *ICLC.* 15: 149-153.
- La Hood D (1991). *Daytime edema levels with plus powered low and high water content hydrogel contact lenses*. *Optom Vis Sci.* 68: 877-880.
- Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice*. 4th ed. Charles C Thomas Publisher, Springfield.
- Mirejovsky D *et al.* (1993). *Water properties of hydrogel contact lens materials: A possible predictive model for corneal desiccation staining*. *Biomaterials.* 14: 1080-1088.
- Parrish ST, Larke JR (1981). *Alterations in apparent corneal oxygen uptake rate induced as a result of changes in the fit of hydrogel contact lenses*. *ICLC.* 52(3): 223-224.
- Polse KA, Mandell RB (1971). *Critical oxygen tension at the corneal surface*. *Arch Ophthalmol.* 84: 505.
- Sweeney DF, Holden BA (1987). *Silicone elastomer lens wear induces less overnight corneal edema than sleep without lens wear*. *Curr Eye Res.* 6: 1391-1394.
- Tighe BJ (1989). *Contact Lens Materials. Chapter 3*. In: Phillips AJ, Stone J (Eds.) *Contact Lenses: A Textbook for Practitioner and Student*. Butterworths, London.
- Weinschenk JI (1989). *A look at the components in fluorosilicone-acrylates*. *CL Spectrum.* 4: 61-64.

Unit 6.4

(2 Jam)

Kuliah 6.4: Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak

Tinjauan Pelajaran

Kuliah 6.4: Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak

- I. Pendahuluan Mikrobiologi
- II. Bakteri
- III. Tipe-tipe Mikro-organisme yang lain
- IV. Identifikasi Mikro-organisme
- V. Ocular Biota dan Pemakaian Lensa Kontak

Kuliah 6.4

(2 Jam)

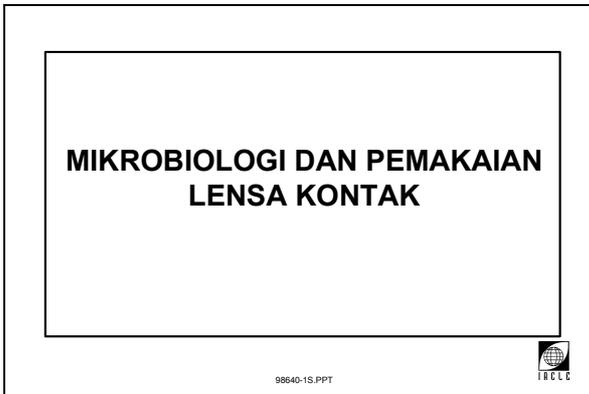
Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak

Daftar Isi

I Pendahuluan Mikrobiologi	77
II Bakteri.....	80
III Tipe Mikro-organisme lain.....	86
III.A Chlamydiae.....	86
III.B Fungi.....	87
III.C Virus	88
III.D Protozoan	91
IV Identifikasi Mikro-organisme	93
V Ocular Biota dan Pemakaian Lensa Kontak.....	97

I Pendahuluan Mikrobiologi

1



6L498640-1

Mikrobiologi dan Pemakaian Lensa Kontak

Topik ini:

- Membahas tentang tinjauan umum mikro-organisme termasuk bakteri (dan chlamydiae), fungi, virus dan protozoa.
- Membahas ulang sifat-sifat mikro-organisme yang menyebabkan infeksi atau inflamasi dalam konteks pemakaian lensa kontak
- Secara khusus, mempertimbangkan mikro-organisme yang dianggap menyebabkan komplikasi akibat lensa kontak dan penyakit.

2

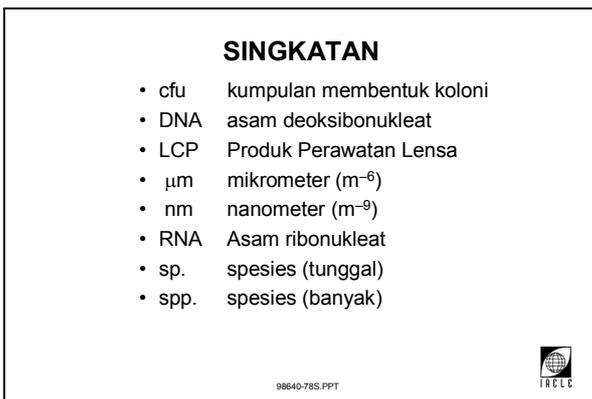


6L4986400-61

MIKRO-ORGANISME

- Bakteri
 - chlamydiae
- Fungi
- Virus
- Protozoa

3



6L498640-78

SINGKATAN

- cfu kumpulan membentuk koloni
- DNA asam deoksibonukleat
- LCP Produk Perawatan Lensa
- μm mikrometer (m^{-6})
- nm nanometer (m^{-9})
- RNA Asam ribonukleat
- sp. spesies (tunggal)
- spp. spesies (banyak)

Singkatan yang digunakan

(Disusun secara abjad)

4

SIFAT KIMIA MIKRO-ORGANISME

- Asam nukleat
 - DNA
 - RNA
- Protein



98640-2S.PPT

6L498640-2

Sifat Kimia Mikro-organisme

Komponen kimia dasar:

- Asam nukleat:
Dari namanya dapat diketahui berlokasi di dalam sel. Nukleus memberi informasi kode genetik tentang sel yaitu semua informasi tentang sifat karakter sel. Mereka juga terlibat dalam sintesis protein yang terjadi diluar nukleus dalam sitoplasma. Sitoplasma merupakan bagian terbesar dari isi sel dan kaya dengan air, giat dan seperti gel. Ada definisi yang mendeskripsi batas luar sebagai membran sel dan batas dalam sebagai badan inti. Definisi lain mengambarkannya sebagai komponen sel dengan organ lain daripada nukleus (NIH Website, 2000). Asam nukleat adalah DeoxyriboNucleic Acid (DNA) atau RiboNucleic Acid (RNA). Sementara DNA yang secara metabolic stabil jika disintesis, RNA adalah dalam keseimbangan dinamis dengan asam amino lain (Ganong 1979).
- Protein:
Protein adalah blok pembangunan struktur struktur sel. Rangkaian asam amino yang akan disintesis kedalam protein dibawa ke tempat sintesis oleh RNA. Protein yang terbentuk termasuk semua enzim akhirnya mengontrol metabolisme sel. Oleh karena itu, enzim merupakan protein yang telah disintetis dan menentukan aktivitas metabolisme.

5

SIFAT FISIK MIKRO-ORGANISME

- Sel eukariota atau prokariota
- Ukuran <math><0.5\mu\text{m}</math> (virus)
 - 1-2 μm (bakteri)
 - 3-5 μm (jamur)
 - 15-30 μm (beberapa protozoa)



98640-4S.PPT

6L498640-3

Sifat Fisik Mikro-organisme

Unit struktur fungi adalah sel eukariota yakni mempunyai membran inti. Sel ini mempunyai banyak kromosom, membran inti dan ikatan membran yang membelah secara mitosis dimana kromosom menggandakan diri dan selanjutnya membelah dengan cara yang serupa sehingga masing-masing sel mempunyai kromosom yang lengkap (Ganong 1979).

Unit struktur bakteri tidak rumit seperti sel prokariota. Tipe sel ini mempunyai kromosom tunggal, tidak ada membran inti atau ikatan membran (membrane-bound organelles) dan membelah dengan binary fission, yakni pertama bahan inti dan kemudian sitoplasm membelah menjadi dua bagian yang sama. Proses pembelahan ini juga umum untuk protozoa.

Virus adalah aselular, tidak hidup tetapi secara biologis membentuk bangunan supramolekul, yakni terdiri dari makromolekul. Mereka ini terdiri dari molekul asam nukleat yang dikelilingi oleh lapisan pelindung molekul protein yang disebut kapsida (menurut Lehninger, 1982). Sirkulus hidup virus akan dibahas dengan rinci nanti.

6

EUKARIOTA vs PROKARIOTA

Sel Eukariota	Sel Prokariota
Membran inti positif	Membran inti negatif
Banyak kromosom	Satu kromosom
Adanya membran organelles (mitokondria, lysosome)	Tidak ada membran organelles
Vakuola intra-sel positif	Tidak ada vakuola Intraselular pencernaan
Pembelahan sel oleh mitosis	Pembelahan sel oleh binary fission

98640-4S.PPT

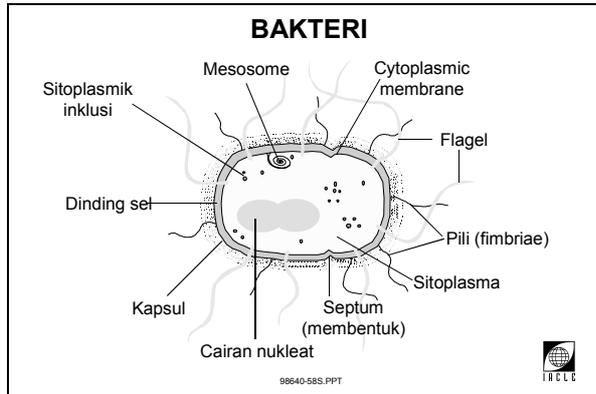
**Eukariota versus Prokariota**

Sel eukariota adalah lebih kompleks daripada prokariota. Tabel dalam slide 6 meringkaskan perbedaan antara kedua tipe sel.

6L498640-4

II Bakteri

7



6L498640-57

Bakteri: Struktur dan Klasifikasi

Gambaran struktur bakteri secara umum ditunjukkan dalam slide 7. Bakteri dapat diklasifikasi berdasarkan:

- Morfologi
- Sifat staining
- Syarat pertumbuhan
- Struktur biokimia
- Struktur antigen.

Berdasarkan faktor-faktor ini, bakteri dapat diklasifikasikan ke dalam:

- Ordo
- Famili
- Genetik
- Spesies.

Dalam spesies, bakteri yang dibedakan dalam kelompok, tipe atau jenis.

Sejauh ini, masing-masing jenis bakteri dapat dibedakan dengan nama khusus yang menunjukkan genus dan spesies.

Nama generic biasa disingkat berdasarkan ketentuan. Seperti *Staphylococcus aureus* (*Staph. aureus*) or *Mycobacterium tuberculosis* (*Myco. tuberculosis*).

Slide 8 merangkum beberapa kriteria klasifikasi bakteri.

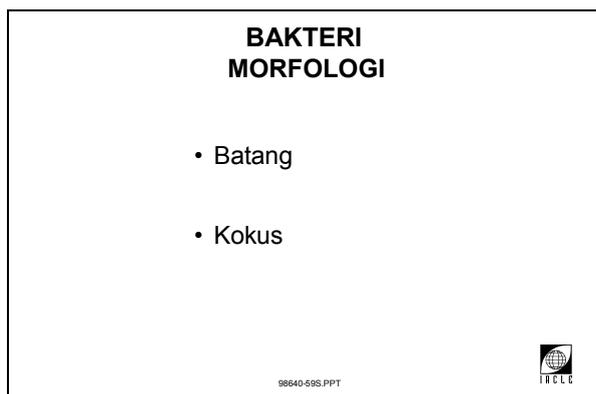
8

KLASIFIKASI BAKTERI	
Asam Nukleat	RNA dan DNA
Membran Nuclear	Tidak
Dinding luar sel	Ya (sering), peptidoglycan keras
Kepekaan Antibiotik	Ya
Replikasi / reproduksi	Didalam dan luar sel host dengan binary fission

98640-61S.PPT

6L498640-60

9

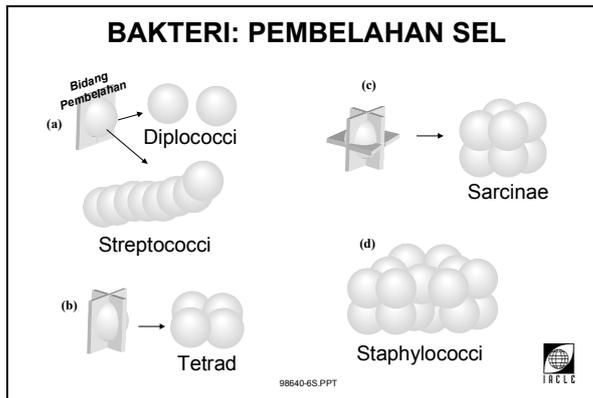


6L498640-58

Morfologi Bakteri

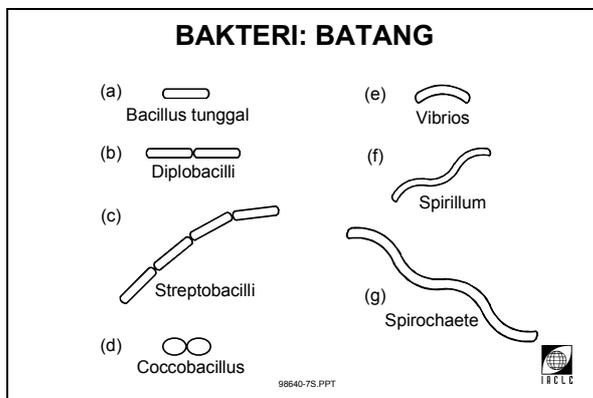
Umumnya, bakteri berbentuk batang (rod) atau bulat (cocci).

10



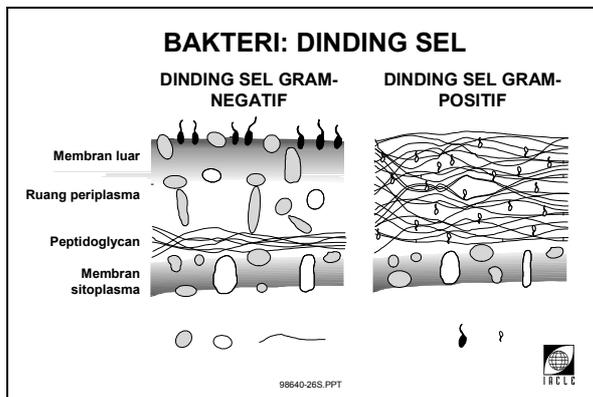
6L498640-5

11



6L498640-6

12



6L498640-25

Morfologi Bakteri Bentuk Bulat

Morfologi nyata dari kelompok sel tergantung pada bagaimana sel tunggal membelah. Beberapa pola dapat dilihat dalam slide 10.

Pembelahan sel bakteri berbentuk bulat dapat terjadi melalui cara yang berikut:

- (a) Pembelahan dalam satu bidang – masing-masing pasangan yang disebut diplococci (contoh. *Neisseria* spp) atau rangkaian (contoh *Streptococcus* spp).
- (b) Pembelahan dalam dua bidang – kelompok berempat (tetrad, contoh. *Micrococcus* spp).
- (c) Pembelahan dalam tiga bidang – kelompok berdelapan mungkin berbentuk kubus (sarcinae), or berkelompok (contoh. *Staphylococcus* spp).

Bakteri: Batang

Morfologi bakteri berbentuk batang di gambarkan berikut:

- Batang berfilamen – bentuk panjang
- Coccobacilli – pendek, batang yang bulat (contoh. *Acinetobacter* spp)
- Vibrio – Batang berbentuk koma (*cholerae*)
- Spirilla – bentuk spiral, batang yang tidak lentur
- Spirochaeta – sangat tipis, bentuk spiral, filamen yang fleksibel.

Bakteri: Dinding Sel

20% dari berat kering sel adalah dari dinding sel dan kemampuan metabolis sel menitik-beratkan produksinya. Fungsi utamanya yang mekanis adalah memungkinkan membran sitoplasma yang halus untuk tahan terhadap tekanan osmosis internal yang kuat dalam bakteri.

Bakteri dapat diklasifikasi berdasarkan reaksi sitoplasma dan dinding sel terhadap warna gram. Teknik ini mencampur zat warna cempayung (kristal cempayung) dan iodine dengan sitoplasma, Sel gram positif mempertahankan warnanya yang ungu ketika diberi aseton. Sel gram-negatif kehilangan warna ungu, memutih dan mengambil warna merah. Pemeriksaan warna gram juga memungkinkan penentuan bentuk sel.

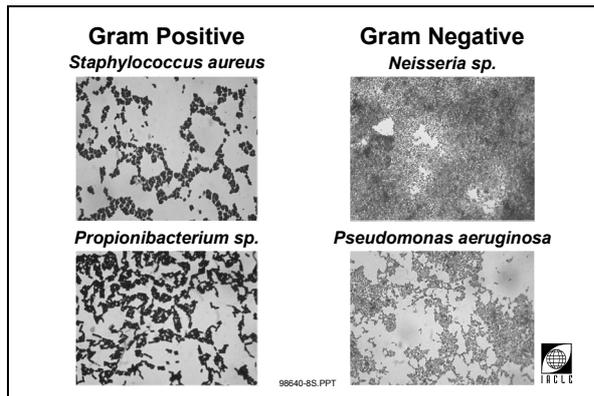
Organisme gram-positif:

- Mempunyai lapisan peptidoglycan yang tebal (mukopeptida dari asam N-acetyl muraminic dan N-acetyl glukosamine) berikatan silang dengan bagian kecil peptida yang menetapkan struktur, dengan diselang – seling dengan asam teichoic atau asam teichuronic.

Organisme gram-negatif:

- Lapisan peptidoglycan yang tipis dan dikelilingi oleh membran protein luar dan lipopolisakarida, mengisi ruang periplasma.

13



6L198640-8

Bakteri yang berhubungan dengan Infeksi Mata

Berikut ini adalah contoh batang dan cocci gram-positif dan negatif yang dapat koloni atau menyebabkan penyakit pada mata (slide 13):

- Coccus gram-positif: *Staphylococcus aureus* (infeksi pada semua bagian mata).
- Coccus gram-negatif: *Neisseria spp* (konjungtivitis pada anak).
- Batang gram-positif: *Propionibacterium spp* (mengkoloni forniks, jarang menyebabkan infeksi, dilaporkan dalam kasus dacryocystitis).
- Batang gram-negatif: *Pseudomonas aeruginosa* (menyebabkan infeksi yang berhubungan dengan lensa kontak).

14



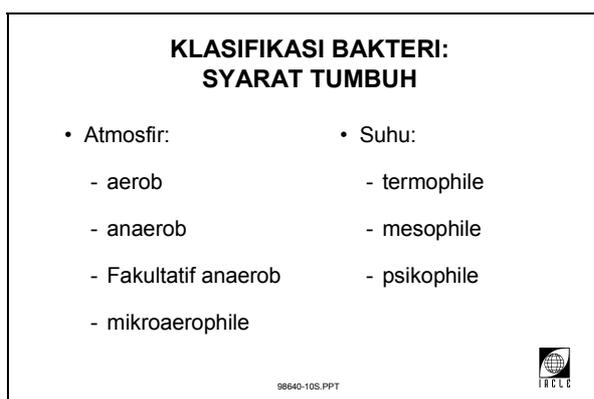
6L498640-65

15



6L498640-66

16



6L498640-9

Klasifikasi Bakteri: Persyaratan Tumbuh

Atmosfir:

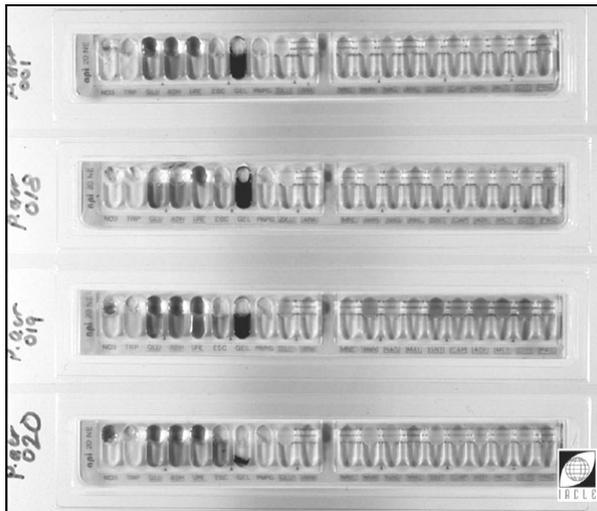
- Aerob – memerlukan O₂ untuk tumbuh.
- Anaerob – hanya tumbuh dalam ketiadaan O₂.
- Fakultatif anaerob – tumbuh dengan atau tanpa O₂.
- Mikroaerophiles – tumbuh perlu O₂ dan CO₂.

Suhu:

- Thermophile – tumbuh di 55-80° C.
- Mesophile – tumbuh di 25-40° C.
- Psychophile – tumbuh di <20° C.

Kebanyakan patogen mata adalah aerob/anaerob fakultatif yang tumbuh dalam suhu mesophilic.

17



6L4798-96

Klasifikasi Bakteri: Biokimia

Bakteri dapat diklasifikasi berdasarkan reaksi biokimia dan metabolic yakni:

- Metabolisme gula.
- Metabolisme protein.
- Produksi enzim.
- Reaksi biokimia yang lain.

Alat komersial yang tersedia memungkinkan persiapan serentak tes biokimia yang miniatur dengan jangkauan besar pada suatu isolasi (contoh suspensi bakteri yang murni).

Setelah inkubasi, hasil ditetapkan sebagai positif atau negatif dan hasil ini dibandingkan dengan database yang mempunyai identifikasi yang paling cocok dengan bahan tes (isolate).

Slide 17 menunjukkan fermentasi berbagai gula dengan *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan alat tes api™.

18

**KLASIFIKASI BAKTERI:
ANTIGEN**

Serotipe, faktor antigen:

- Envelope
- Flagel
- Kapsul

98640-60S.PPT



6L498640-59

Klasifikasi Bakteri: Antigen

Serotipe digunakan untuk membedakan bacteria berdasarkan adanya antigen flagell, kapsul atau envelope dan reaksi mereka dengan antisera spesifik.

Cara ini berguna dalam mengambarkn spesies seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Legionella pneumophila*.

19

**BAKTERI DAN PENYAKIT:
DEFINISI**

- Infeksi
- Koloni
- Gejala asimptomatik
- Virulensi atau patogenesis

98640-11S.PPT



6L498640-10

Bakteri dan Penyakit: Definisi

- **Infeksi.** Bakteri yang mampu menyebabkan terjadinya penyakit di dalam tubuh.
- **Kolonisasi.** Organisme yang tidak mampu menyebabkan penyakit tetapi dapat bertahan dalam tubuh.
- **Bawaan asimptomatik.** Infeksi oleh organisme tanpa gejala penyakit.
- **Virulensi atau patogenesis.** Kemampuan bakteri untuk menyebabkan penyakit.

20

BAKTERI DAN PENYAKIT

- Melalui invasi jaringan langsung
- Melalui aktivasi sistim imun
 - Produksi toksin/enzim merusak jaringan secara langsung
 - lipopolysakarida (LPS)

98640-12S.PPT



6L498640-11

Bakteri dan Penyakit

Bakteri dapat menyebabkan penyakit melalui cara:

- Invasi jaringan: mereplikasi mikro-organisms, merusak jaringan dan mengaktifkan mekanisme pertahanan.
- Aktifkan sistim imun:
 - produksi toksin atau enzim dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan mengaktifkan langsung sistim imun.
 - endotoksin atau lipopolisakarida (LPS) adalah komponen membran luar dari bakteri gram negatif, yang dapat menyebabkan produksi antibody oleh sel B, produksi sitokin oleh berbagai sel host, migrasi neutrofil dan aktivasi lengkap. Untuk lebih rinci lagi, lihat Kuliah 6.5.

21

BAKTERI DAN PENYAKIT FAKTOR VIRULENSI

- Adhesi:
 - pili
 - Permukaan adhesin
 - biofilm

98640-13S.PPT



6L498640-12

Bakteri dan Penyakit: Faktor Virulensi

Faktor virulensi memungkinkan bakteri untuk menyebabkan penyakit. Ini adalah:

- **Adhesi:** Adhesi pada sel host adalah faktor virulensi yang penting. Hal ini perlu untuk kolonisasi pada permukaan jaringan. Mekanisme adhesi termasuk:
 - pili: protein batang panjang yang memanjang dari permukaan bakteri dan dapat mengikat satuan karbohidrat dengan dinding sel host.
 - bahan adhesi: protein pada permukaan bakteri juga dapat memudahkan adhesi antara bakteri dan sel host.
 - formasi biofilm: selaput dimana bakteri dipegang oleh matriks polisakarida. Secara klinis penting untuk pasien dengan kateter atau implan plastik.
- **Invasi:** Bahan invasi bakteri adalah protein yang menyebabkan susunan kembali aktin (filamen kontaktil tipis) dalam sel host non fagosit yang normal, yakni sel yang tidak memasuk partikel benda asing, partikel atau sel lain yang berbahaya untuk organisme asal. Bakteri ditelan masuk ke dalam sel dalam vesicle fagositik. Di dalam sitoplasma, bakteri dilepaskan dari fagosome dan mereplikasi didalam sitoplasma sel host.

22

BAKTERI DAN PENYAKIT FAKTOR VIRULENSI

- Invasi:
 - Penggabungan filamen aktin
 - Formasi pseudopod
 - Penelanan bakteri dalam vesikel fagosit
 - Pelepasan fagosit
 - Replikasi dalam host sitoplasma

98640-14S.PPT



6L498640-13

23

**BAKTERI DAN PENYAKIT
FAKTOR VIRULENSI**

- Kelangsungan hidup dan perolehan nutrisi:
 - siderophores
 - Protein permukaan yang mengasingkan besi (Fe)



6L498640-14

24

**BAKTERI DAN PENYAKIT
FAKTOR VIRULENSI**

- Singkiran dari sistim imun induk:
 - kapsul
 - Pertahanan fagosit
 - Interaksi dengan protein asal
 - Perubahan permukaan antigen



6L498640-15

- **Kelangsungan Hidup dan Perolehan Nutrisi**
Biasanya lingkungan dalam jaringan rendah dalam nutrisi, Untuk bertahan, bakteri harus dapat nutrisi. Suatu pendekatan untuk mengimbangi konsentrasi besi yang rendah adalah dengan produksi siderophores. Alternatif yang lain adalah protein pada permukaan dapat melepaskan besi dari host yang mempunyai ikatan besi-protein seperti lactoferrin or transferrin.

- **Perubahan sistim imun pada sel induk (host)**
Kapsul mengecil aktivitas tambahan dan mencegah bakteri dari dimakan fagosit. Ada bakteri yang dapat bertahan fagositosis ini dengan :
 - Menahan defensin.
 - Detoksinasi spesies yang reaktif terhadap oksigen.
 - Sel host mengurangi kekuatan pernafasan.
 - Menahan protease lesosom.
 Ada beberapa bakteri yang menggunakan protein pada sel host seperti lapisan fibronectin untuk mencegah deteksi dari sistim imun.

III Tipe Mikro-organisme yang Lain

III.A Chlamydiae

25

CHLAMYDIAE

- Parasit intra sel yang kecil (dikenali sebagai spesies bakteri)
- Ketika diwarnai Gram – kelihatan seperti bakteri gram-negatif yang sangat kecil (0.2-1µm)
- Sintesa protein, DNA & RNA



98640-17S.PPT

6L498640-16

Deskripsi Chlamydiae

Spesies organisme ini merupakan parasit intra selular yang asalnya diklasifikasi sebagai virus. Sekarang ini, organisme ini dikenal sebagai spesies bakteri, tetapi mempunyai beberapa ciri virus.

Chlamydiae mempunyai ukuran yang kecil (0.2-1 µm) dengan membran luar yang hampir sama dengan bakteri gram-negatif.

Tidak seperti virus, Chlamydiae dapat membuat DNA, RNA dan protein sendiri. Bagaimanapun juga, chlamydiae bergantung kepada sel host untuk sumber energinya seperti adenosine triphosphate (ATP).

26

BAUR HIDUP CHLAMYDIAE

- Badan elementer (EB) yang terisi oleh sel host
- Organisme hidup dalam fagosome, dan EB menjadi badan reticulate (RB)
- Bentuk RB adalah intraselular, non-infeksi replikasi
- Fagosome membesar dan membentuk badan inklusi (IB)
- Beberapa RB mengalami transformasi menjadi bentuk EB
- Sel induk melepas EB pada lisis



98640-18S.PPT

6L498640-17

Sirkulus Hidup Chlamydiae

Bentuk ekstraselular chlamydiae disebut badan elementer(atau EB). EB masuk ke sel host seperti sel epitel dan diselimuti dalam fagosome tetapi tidak dimatikan.

EB dapat merubah menjadi bentuk intraselular organisme yang mampu replikasi. Bentuk ini di sebut badan retikulat (RB). Fagosome secara perlahan-lahan membesar dan membentuk badan inklusi (IB).

Beberapa dari RB merubah menjadi bentuk sel yang menular (EB), yakni mereka kembali ke bentuk semula. Apabila sel host hancur, EB yang menular dilepaskan.

27

CHLAMYDIAE AND PENYAKIT MATA

- Trakom
- Konjungtivitis inklusi
- Diagnosa yang sulit



98640-19S.PPT

6L498640-18

Chlamydiae dan Penyakit Mata

Dalam mata, chlamydiae menyebabkan trakoma dan penyakit inklusi konjungtivitis yang berhubungan dengan penularan secara seksual.

Diagnosanya sulit, karena kultur positif adalah berdasarkan keberadaan badan inklusi dalam kultur sel jaringan. Chlamydiae, seperti virus, tidak tumbuh dalam media laboratorium biasa seperti media agar darah.

III.B Fungi

28

FUNGI

Termasuk:

- *Candida albicans*
- *Aspergillus*
- *Fusarium*
- *Histoplasma*
- *Trichophyton*



6L498640-67

29

FUNGI (JAMUR): BENTUK

- Eukaryota
- Uniselular – reproduksi by budding
- Multiselular – terdiri dari filament (Hifa)
- Dimorfik – dapat berbentuk uni atau multi-selular



6L498640-19

30

FUNGI: KLASIFIKASI

Berdasarkan tipe spora dan cara produksi spora. Tipe termasuk:

- Zygomycetes/Phycomycetes
- Ascomycetes
- Basidiomycetes
- Deuteromyces/Jamur Imperfekta



6L498640-20

31

KLASIFIKASI FUNGI

Asam Nukleat	RNA dan DNA
Membran inti	Ya
Sel dinding eksternal	Ya, keras
Kepekaan antibiotik	Tidak
Replikasi / reproduksi	Didalam dan diluar sel host dengan binary fission dan secara seksual



6L498640-63

Fungi: Bentuk

Kebanyakan fungi ada didalam tanah, dimana mereka mengurai bahan organik. Mereka adalah eukariota aerob atau fakultatif anaerob dalam tiga bentuk.

- Uniselular – bentuk ini reproduksi secara aseksual, contoh jamur seperti *Candida* spp Umumnya bulat atau oval, diameter 4-25µm .
- Multiselular – bentuk ini terdiri dari filamen (hifa), contoh jamur seperti *Aspergillus* spp Panjang hifa 5-50µm dan menyelip membentuk mycelium.
- Dimorphic – bentuk ini bisa satu atau multiselular, tergantung kondisi lingkungan.

Fungi: Klasifikasi

Klasifikasi fungi adalah berdasarkan tipe sporadan cara produksi spora (aseksual atau seksual). Ada empat kelompok, semuanya merupakan ragi dan jamur.

- **Zygomycetes/Phycomycetes** – produksi spora aseksual (sporangiospores) atau seksual (zygospores). Spora terbentuk dalam rongga sporangium. Contoh seperti *Rhizopus* spp dan *Mucor* spp. Kelompok ini dapat menyebabkan penyakit oportunistik dalam manusia.
- **Ascomycetes** – Kelompok ini memiliki septa dalam mycelia. Mereka dapat reproduksi secara seksual (ascospores) atau aseksual (conidia) dan tidak menyebabkan penyakit pada manusia. Contoh kelompok ini adalah *Saccharomyces* spp. Jamur ini menyebabkan fermentasi alkohol.
- **Basidiomycetes** – Kelompok ini dapat reproduksi secara aseksual (konidia) atau seksual (basidiospora) dan jarang, menyebabkan penyakit. Kelompok ini termasuk cendawan.
- **Deuteromyces/Fungi Imperfecta** – kelompok ini tidak dapat reproduksi secara seksual. Spora ini disebut konida. Patogen manusia yang utama dari kelompok ini termasuk *Aspergillus* spp, *Fusarium* spp, *Alternaria* spp, *Phoma* spp and *Penicillium* spp.

32

FUNGI: PENYEBARAN

- Spora dilepaskan ke dalam udara/ air
- Spora bertahan dalam lingkungan keras, karena komponen permukaan mereka



98640-22S.PPT

6L498640-21

Fungi: Penyebaran

Fungi melepaskan spora ke lingkungan dan seterusnya tersebar melalui udara dan air.

Spora sangat tahan terhadap suhu dan pH yang ekstrim. Daya tahan ini disebabkan oleh adanya komponen permukaan seperti glycoprotein atau lipo-glycoprotein yang bersifat hidrofobik.

33

FUNGI DAN PENYAKIT

- Dalam penyakit, fungi harus tembus jaringan dan berkecambah
- Penyakit pada manusia termasuk infeksi jaringan of keratinized tissue
- Infeksi sistimatis jarang
 - Kompromi imun



98640-23S.PPT

6L498640-22

Fungi dan Penyakit

Walaupun fungi tersebar luas dalam lingkungan dan sering ditemukan di kulit, mereka jarang menyebabkan infeksi. Agar adanya penyakit, fungi mesti tembus jaringan dan berkecambah. Infeksi jamur pada manusia termasuk tinea, kurap yang disebabkan oleh *Trichophyton* spp, dan *Microsporum* spp.

Infeksi sistemik jarang karena faktor inhibisi dalam jaringan dan serum. Fungi dapat menyebabkan infeksi kronik dengan penyembuhan lambat terutama pada mereka yang mempunyai kompromi imun.

Ragi adalah penyebab infeksi utama pada pasien yang sedang menjalankan kemoterapi, AIDS, pasien dengan transplantasi organ dan pengguna kortikosteroid untuk jangka waktu lama.

Contoh dari organisme commensal yang menyebabkan penyakit sariawan adalah *Candida* spp. *Candida* dapat juga menyebabkan endokarditis atau fungaemia karena kolonisasi dari kateter atau katup jantung.

III.C Virus

34

VIRUS: DESKRIPSI

- Parasit obligat aselular yang kecil
- Bahan sub selular, dengan inti terdiri dari asam nukleat dilapisi dengan protein dan lipid
- Harus menggunakan sistim kerja metabolik host untuk replikasi



98640-24S.PPT

6L498640-23

Virus: Deskripsi dan Klasifikasi

Virus adalah parasit aselular kecil (20-250 nm) yang berbeda dalam komposisi struktural dan kimia dan cara pertumbuhan dari organisme aselular seperti bakteri. Organisme parasit ini memerlukan host untuk hidup dan tidak mampu bertahan hidup lama tanpa host.

Virus adalah penyebab penyakit pada manusia hewan, tumbuhan dan mikroba.

35

VIRUS: KLASIFIKASI

Asam Nukleat	RNA atau DNA
Membran inti	Tidak
Sel dinding eksternal	Tidak
Kepekaan antibiotik	Tidak
Replikasi / reproduksi	Dalam sel host

98640-63S.PPT



6L498640-62

36

VIRUS: SIRKLUS HIDUP

- Bentuk ekstraselular = virion
 - dua/satu molekul DNA atau RNA (nuleokapsid) dalam lapisan protein atau kapsid
- Bentuk intraselular
- Perbedaan berdasarkan pembungkusan asam nukleat

98640-25S.PPT



6L498640-24

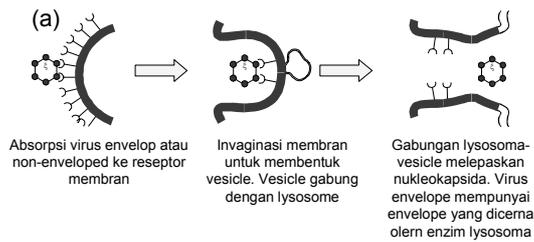
Virus: Sirklus Hidup

Virus dapat bertahan dalam bentuk intraselular dan ekstraselular. Apabila virus berada diluar sel yang membentuknya, virus bukan partikel hidup dan ini disebut virion. Satu virion terdiri dari molekul tunggal atau ganda DNA or RNA (nukleokapsida) dalam lapisan protein (kapsida). Virion tidak mengandung mekanisme untuk tumbuh atau berganda dan disebabkan itu perlu sel host. Sekali partikel virus atau komponen asam nukleatnya masuk ke dalam sel host tertentu, sifat nya adalah parasit intraselular. Asam nukleat dari virus ini membawa pesan genetik yang menentukan struktur lengkap viron (Lehninger 1982).

Perbedaan virus berdasarkan bagaimana asam nukleat dibungkus dengan kemungkinan bentuknya batang, heli, bulat atau isometrik.

37

INVASI VIRUS



98640-77S.PPT



6L498640-76

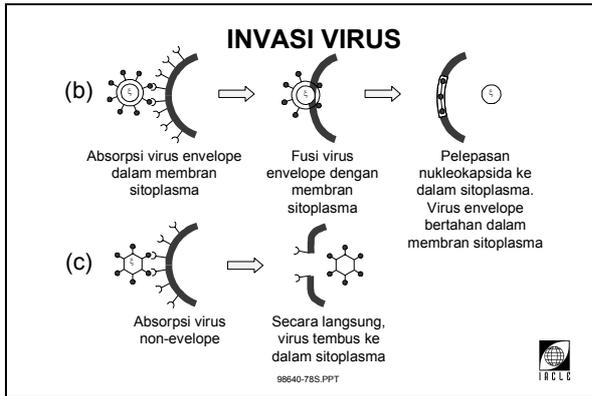
Virus dan Penyakit

Virus adalah spesifik terhadap hewan, tumbuhan atau sel bakteri (*bacteriophage*), dan mungkin menyerang dengan menggunakan beberapa mekanisme yakni:

- Mengikat reseptor permukaan sel glycoprotein yang menyebabkan membran sel disaring dan membentuk vesikel (*endocytosis*). Sekali vesikel bergabung dengan lisosom, enzim akan mencerna envelop virus dan kapsida dilepaskan kedalam sitoplasma host (slide 37).
- Penggabungan dengan membran sitoplasma agar nukleokapsida masuk ke dalam sitoplasma (slide 38[b]).
- Menembus langsung membran sitoplasma. Virus kecil menembus dinding sel dan melepaskan lapisan kapsida (slide 38[c]).

Dalam fasa intraselular, kapsida menghilang. Kemudian sel host mereplikasi bahan genetik dan protein kapsida spesifik dari virus. Untuk menyebarkan infeksi, virus mesti lepas dari sel host setelah replikasi. Kadang-kadang virus tanpa envelop dilepaskan dari sel host hanya ketika sel dimatikan. Apabila virus dilapisi oleh protein/lipid, mekanisme pelepasan lebih kompleks. Dalam

38



kasus seperti ini, virus menggunakan dan menyusun kembali sebagian dari membran sel host yang mengandung reseptor sel virus yang spesifik. Ini serupa dengan proses endositosis di mana virus diambil oleh sel host.

6L498640-77

39

VIRUS DAN PENYAKIT MANUSIA

- Kelompok herpes
- Rubella
- Influenza
- AIDS
- Campak
- Gondong
- Cacar
- Adenovirus
- Papilloma
- Polio
- Rhinovirus
- Rabies
- Rotavirus
- Hepatitis

98640-27S.PPT

Virus dan Penyakit Manusia

Virus herpes adalah penyebab paling umum dari infeksi virus pada mata, diikuti oleh adenovirus.

Kelompok herpes termasuk sitomegalovirus, varicella-zoster virus, Epstein-Barr virus, herpes simplex virus, dan herpesvirus-6 manusia.

6L498640-26

40

VIRUS DAN PENYAKIT

Penyakit timbul akibat virus dengan cara:

- Inhibisi metabolisme dan sintesis sel
- Pertahanan host yang berkompromi memungkinkan organisme lain menyebabkan infeksi
- Mengakibatkan pembentukan tumor (virus onkogenik)

98640-28S.PPT

Virus dan Proses Penyakit

Virus menimbulkan penyakit dengan beberapa cara yaitu:

- Secara langsung, dengan inhibisi metabolisme dan sintesis sel. Sel terinfeksi oleh lisi virus, yang mengakibatkan hilangnya fungsi sel sebentar atau permanen.
- Secara tidak langsung, dengan mengkompromi ketahanan host, supaya terjadinya kolonisasi oleh organisme oportunistik seperti bakteri. Sebagai contoh ini adalah virus influenza yang merusakkan silia dan epitel respirasi. Sekali rusak, permukaan tidak dapat bersih dari bakteri. Bakteri seperti *Haemophilus influenzae* mampu lekat pada jaringan yang rusak, mengkolonisasi dan menyebabkan penyakit.
- Dengan menyebabkan pembentukan tumor (virus onkogenik).

6L498640-27

41

VIRUS ONKOGENIK DAN PENYAKIT

Virus onkogenik merubah sel dalam cara berikut:

- Asam nukleat viral berhubungan dengan sel genome, sehingga sel tidak melilis
- Perubahan sel menunjukkan morfologi, metabolisme, pola tumbuh dan kelainan kromosom yang berbeda
- Sel menyebabkan tumor dalam hewan percobaan



98640-29S.PPT

6L498640-28

Oncogenic Viruses and Disease

Virus DNA dan RNA membawa gen yang mirip dengan gen sel host. Gen ini dapat berubah dan merubah sifat fisiologis mereka. These genes are able to transform cells and alter their physiological properties. Perubahan ini termasuk:

- Asam nukleat virus akan berhubungan dengan sel genom dan sel yang terinfeksi tidak melilis.
- Sel yang telah berubah menjadi lebih bulat, pola orientasi dalam kultur sel hilang, dan adanya perubahan pada metabolisme, pola tumbuh dan kelainan kromosom.
- Sel dengan tumor jika disuntik ke dalam hewan percobaan.

Sepertinya virus onkogenik hanya mampu menyebabkan tumor dalam hubungannya dengan faktor lain dan kemungkinan bukan penyebab tunggal.

III.D Protozoa

42

PROTOZOA

- Uniselular
- Parasit atau hidup sendiri
- Sering dengan siklus hidup ganda
- Sedikit yang menyebabkan penyakit manusia



98640-30S.PPT

6L498640-29

Protozoa

Protozoa terdiri dari bermacam-macam kelompok organisme uniselular, berdiameter antara 5 μm – 1 mm. Kebanyakan berhubungan dengan air dan hidup sendiri atau sebagai parasit.

Sirkulus kehidupan ganda berarti kebanyakan protozoa dikristakan apabila dalam kondisi lingkungan yang merugikan dan bertahan di luar host untuk jangka panjang.

Dari 40,000 spesies protozoa, hanya beberapa yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia.

43

**PROTOZOA:
KLASIFIKASI**

- Magistophora
- Sarcodina/Rhizopodia
- Sporozoa
- Ciliata



98640-31S.PPT

6L498640-30

Protozoa: Klasifikasi

Protozoa terbagi kepada empat kelompok, berdasarkan motilitas. Masing-masing kelompok mengandung isolasi dan mampu menyebabkan penyakit pada manusia.

- **Magistophora** – menggunakan cambuk seperti flagella untuk bergerak. Contoh kelompok ini termasuk *Giardia* spp, *Trichomonas* spp dan *Trypanosoma* spp.
- **Sarcodina/Rhizopodia** – Protozoa amoeboid yang bergerak dengan memperpanjang pseudopodia (kaki semu). Contoh termasuk *Acanthamoeba* spp, *Naegleria* spp dan *Entamoeba* spp.
- **Sporozoa** – Kelompok ini tidak mempunyai alat gerak. Contoh kelompok ini termasuk *Cryptosporidium* spp, *Plasmodium* spp dan *Toxoplasma* spp.
- **Ciliata** – menggunakan silia di atas permukaan sel untuk bergerak. Contoh adalah *Balantidium* spp.

44

KLASIFIKASI PROTOZOA:

Asam Nukleat	RNA dan DNA
Membran inti	Ya
Sel dinding eksternal	Tidak
Kepekaan antibiotik	Beberapa
Replikasi / reproduksi	Di dalam dan di luar sel host dengan binary fission dan seksual

98640-655.PPT



6L498640-64

IV Identifikasi Mikro-organism

45

**MIKRO-ORGANISME:
IDENTIFIKASI**

- Keberadaan mikro-organism dalam penyakit
- Membantu dalam pilihan bahan terapeutik
- Teknik pengambilan
- Tipe spesimen

98640-69S.PPT



6L498640-68

Mengenal Mikro-organism

Peranan utama dari laboratorium mikrobiologi adalah untuk menentukan apakah mikro-organism terlibat dalam proses penyakit dan jika demikian, mengidentifikasi organism tersebut. Identifikasi yang benar memungkinkan praktisi untuk memulai tindakan pengobatan yang efektif. Pengobatan awal mungkin dirubah jika pemeriksaan lab menunjukkan tersedianya bahan terapeutik yang lebih manjur.

Metode dimana spesimen diambil dari pasien dan tipe spesimen yang diambil adalah faktor utama yang memungkinkan ahli mikrobiologi untuk mengidentifikasi organism penyebab penyakit dengan tepat.

46

SPESIMEN KULTUR

- Swabs
- Cairan
 - exudate
 - excreta
- Jaringan
- Volume
- Kirim ke lab

98640-70S.PPT



6L498640-69

Spesimen untuk Kultur

Tersedia banyak teknik dan alat mengambil spesimen untuk analisa laboratorium (slide 47).

Tipe spesimen, bagaimana mengambilnya, kualitas dan kuantitasnya mempengaruhi ketepatan mengidentifikasi mikro-organism.

47



6L40181-98

48

PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI

- Observasi makroskopik
- Pemeriksaan mikroskopik
- Deteksi antigen atau rangkaian gen

98640-71S.PPT



6L498640-70

Teknik Pemeriksaan Laboratorium

Ahli mikrobiologi menentukan metode yang paling efektif untuk menganalisa spesimen yang telah dikirim ke laboratorium. Umumnya analisa dasar spesimen dengan pengamatan sederhana dilakukan ketika spesimen diperiksa di laboratorium.

Penilaian yang lebih rinci dicapai dengan pemeriksaaan mikroskopik yang menggunakan teknik cahaya atau electron.

Perkembangan mikro-organisme dari spesimen adalah bahan utama penyelidikan laboratorium. Teknik ini memerlukan sumber daya manusia dan waktu berminggu-minggu sebelum penilaian akhir dapat ditentukan.

Teknik non-kultur tidak memerlukan pengandaan mikro-organisme sebelum organisme dapat dikenali, yaitu organisme tidak perlu hidup. Deteksi antigen microba dalam spesimen dapat memberi hasil dalam beberapa jam. Metode non-kultur, seperti penggunaan pemeriksaan DNA dan pengerasan DNA oleh reaksi rantai polimerase, memerlukan 1-2 hari untuk penilaian akhir.

49

HASIL MIKROBIOLOGI

- Perlu interpretasi
 - tipe organisme
 - kondisi pasien
 - dioptimalkan terapi

98640-73S.PPT



6L498640-72

Hasil Mikrobiologi

Hasil dari tes laboratorium harus di interpretasi secara trampil dan tepat oleh ahli mikrobiologi karena hasil ini memainkan peranan penting dalam memilih bahan terapeutik yang akan digunakan untuk mengobati kondisi pasien.

50

PEMERIKSAAN KULTUR

- Tes cepat
- Inkubasi
 - jangka pendek
 - berkepanjangan
- Tes ketahanan antibiotik

98640-72S.PPT



6L498640-71

Pemeriksaan Kultur

Dalam beberapa kasus, penilaian kultur dapat dilakukan setelah 18 jam inkubasi dimana koloni sudah kelihatan. Identifikasi beberapa mikro-organisme seperti fungi memerlukan tahap inkubasi yang lebih lama.

Sekali organisme dikenali, pemeriksaan ketahanan terhadap antibiotik dapat dilakukan untuk menentukan terapi yang tepat.

51

KULTUR MIKRO-ORGANISME

- Media nutrisi padat
 - agar darah
 - agar coklat
- Media cair
 - bubur thioglycollate

98640-74S.PPT



6L498640-73

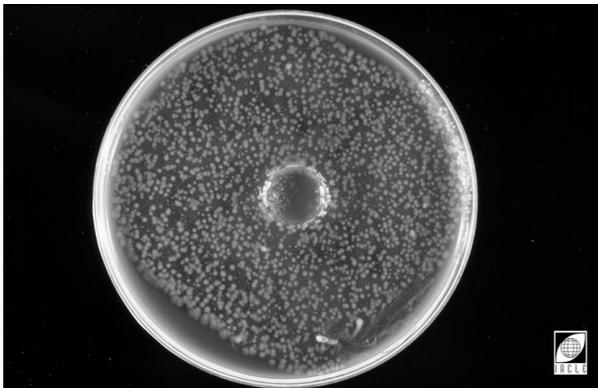
Kultur Mikro-organisme

Darah hewan (domba atau kuda) digunakan untuk menghasilkan media padat bergizi yang mampu membiakan bakteri dan fungi pada permukaan (slides 52 and 53). Ini disebut agar darah. Jika darah dipanaskan sampai 60°C sebelum dimasukkan dalam medium agar, sehingga warnanya seperti coklat, maka agar ini disebut agar coklat. Medium agar ini biasanya adalah produk algae yang bergelatin (GardenWeb Website 2000).

Koloni dari beberapa spesies biasanya mempunyai karakteristik penampilan yang dapat membantu identifikasi.

Kultur juga dapat dibuat dalam media cair (bubur) dan pertumbuhan di deteksi dengan menilai kekeruhan. Teknik ini tidak memungkinkan penyelidikan untuk menentukan apakah ada lebih dari satu spesies dalam cairan atau ada beberapa banyak.

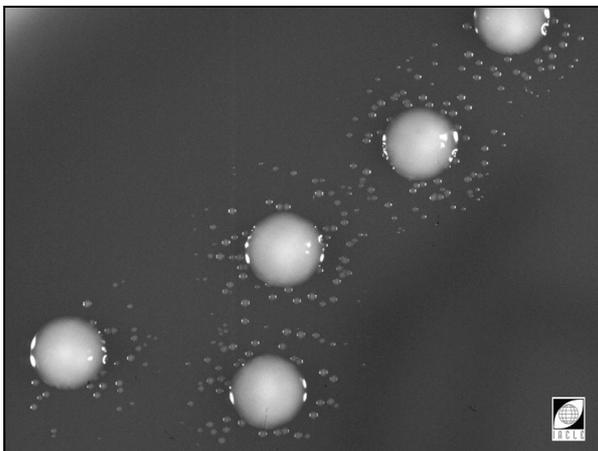
52



6L40308-97



53



6L41660-00



54

IDENTIFIKASI BAKTERI BERDASARKAN SIFAT SEL

- Reaksi gram
- Morfologi dan susunan sel
- Pertumbuhan dalam kondisi berbeda
 - aerob
 - anaerob
- Syarat pertumbuhan

98640-75S.PPT



6L498640-74

Mengidentifikasi Bakteri Berdasarkan Karakteristik

Karakteristik sel memungkinkan ahli mikrobiologi untuk mengidentifikasi tipe bakteri yang berhubungan dengan proses penyakit. Gram staining paling penting untuk mempelajari bakteri. Cara ini mengklasifikasi bakteri kepada Gram-positive atau Gram-negative dan memungkinkan pengamatan bentuk sel.

Klasifikasi lebih lanjut dibuat berdasarkan kemampuan sel untuk tumbuh dalam kondisi aerob atau anaerob. Syarat tumbuh biasa dan cepat dicatat apabila mengidentifikasi bakteri.

55

IDENTIFIKASI BAKTERI BERDASARKAN SIFAT BIOKIMIA

- Kemampuan produksi enzim
- Kemampuan untuk metabolis gula
 - Secara oksidatif
 - Secara fermentasi
- Kemampuan untuk menggunakan substrat tumbuh
 - glukosa
 - laktosa
 - sukrosa

98640-76S.PPT



6L498640-75

Identifikasi Bakteri Berdasarkan Sifat Biokimia

Identifikasi lanjut bakteri dari kultur murni yang terpisah sering dibuat berdasarkan sifat biokimia. Contoh, produksi koagulase enzim membedakan *Staph. aureus* dari *Staph. epidermidis*.

Ada spesies yang menggunakan karbohidrat seperti glukosa dan menghasilkan asam dari jalur aerob (oksidatif) dan anaerob (fermentatif).

Tes yang menggunakan media untuk tumbuh dapat dilakukan dalam media bubur yang mengandung karbohidrat.

V Biota Mata dan Pemakaian Lensa Kontak

56

BIOTA MATA EKSTERNAL

- Kolonisasi jarang permukaan mata
 - Kelopak 60% dari kasus
 - konjungtiva 40% dari kasus
- Kebanyakan spesies gram-positif
 - koagulase-negatif staphylococci
 - *Corynebacterium* spp.
 - Lain : *Propionibacterium* spp., *S.aureus*, *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp.
- Organisme gram-negatif tidak biasa terisolasi (<5%)

98640-38S.PPT



6L498640-37

Deskripsi Biota Mata External

Organisme dari permukaan mata adalah dalam jumlah yang sedikit. Umumnya, konjungtiva mengandung beberapa bakteri dari lima bentuk koloni.

60% dari kasus kolonisasi terjadi di kelopak mata dan 40% dari kasus kolonisasi terjadi di konjungtiva.

Spesies yang paling umum dipisahkan adalah Gram-positive. Ini termasuk:

- Coagulase-negative staphylococci
- *Corynebacterium* spp.

Dan spesies yang tidak umum dipisahkan adalah:

- *Propionibacterium* spp
- *Staphylococcus aureus*
- *Micrococcus* spp
- *Bacillus* spp.

57

BIOTA MATA EKSTERNAL

- Perbedaan fisiologis:
 - Biota sementara/ permanen
 - Perbedaan regional geografis
 - Perubahan dengan tidur:
 - Penambahan organisme gram positif
 - Tidak ada perubahan organisme gram negatif

98640-38S.PPT



6L498640-38

Biota Mata Eksternal

Ada beberapa pembahasan mengenai apakah permukaan mata yang normal mempunyai mikrobiota yang tinggal di permukaan atau apakah organisme adalah hasil dari kolonisasi kulit.

Secara geografis, ada perbedaan daerah. Lingkungan tropis mempunyai angka tertinggi dalam pembentukan jamur. Biota mata juga mengatur penggunaan antibiotik.

Dengan mata tertutup, organisme Gram-Positif bertambah.

58

FUNGSI MIKROBIOTA MUKOSA

- Menengahi pertahanan mukosa
- Mencegah kolonisasi patogen dengan:
 - Kompetisi biologis
 - Produksi bahan anti mikroba
 - Produksi toksin

98640-38S.PPT



6L498640-39

Fungsi Mikrobiota Mukosa

Dalam mukosa bukan dari mata, biota tetap menengahi mekanisme ketahanan normal dengan bersaing mendapat nutrisi atau menempati reseptor dan dengan menghasilkan agen antimikroba khusus atau toksin khusus patogen.

59

FUNGSI MIKROBIOTA MATA

- Secara sinergis, *S.epidermidis* dan *Corynebacterium* sp. bertindak menghalang *S.aureus* dalam mukosa nasal
- *Propionibacterium* sp. dapat meningkatkan pertahanan imun spesifik dan lokal

98640-41S.PPT



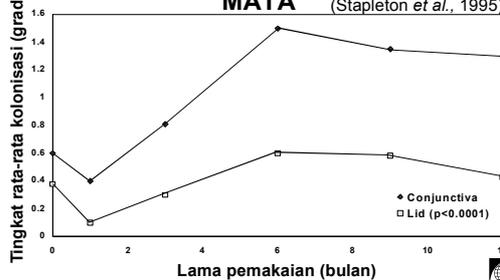
6L498640-40

Fungsi Mikrobiota Mata

Ada beberapa bakteri yang penting dalam mencegah kolonisasi oleh patogen dan mempertahankan biota non-patogen tingkat rendah yang dapat dikontrol. Bakteri ini juga berperan dalam ketahanan imun.

60

PENGARUH PEMAKAIAN LENS KONTAK HARIAN TERHADAP BIOTA MATA



98640-42S.PPT



6L498640-41

Efek Pemakaian Lensa Kontak Harian pada Biota Mata

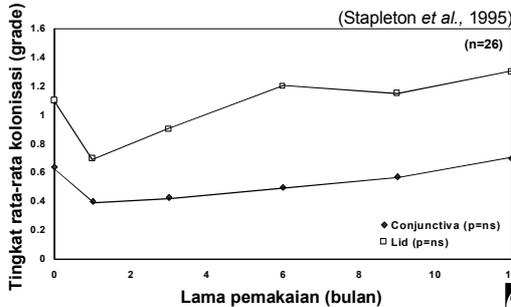
Laporan menunjukkan bahwa ada penambahan jumlah bakteri yang terisolasi dari konjungtiva dan kelopak selama pemakaian lensa kontak secara harian. Akan tetapi, spectrum biota tetap tidak berubah.

Stapleton *et al.* (1995) melaporkan biota konjungtiva mungkin berhubungan dengan kontaminan dari tempat penyimpanan lensa kontak.

Pemakaian lensa kontak secara harian akan mengganggu pembersihan biota mata normal sehingga memungkinkan peningkatan kolonisasi oleh biota normal.

61

PEMAKAI LENS EW BARU



98640-43S.PPT



6L498640-42

Efek Pemakaian Lensa Kontak secara Berpanjangan pada Biota Mata

Pemakaian lensa kontak semalaman tidak merubah jumlah organisme yang terisolasi dengan waktu. Bagaimanapun juga, kelihatannya ada perubahan dalam spectrum organisme. Kemungkinan besar, organisme yang diperoleh adalah kultur steril atau staining gram-negatif. Kelihatannya pemakaian semalaman menyebabkan sedikit perubahan dalam biota mata normal dengan waktu.

Studi lain melaporkan tidak ada perbedaan antara pemakaian lensa kontak dan tanpa lensa kontak walaupun ada penambahan kultur positif dalam satu studi. Hal ini juga ada hubungan dengan cara pemakaian lensa dan sistim perawatan (Fleiszig *et al.* 1992).

62

PENGARUH PEMAKAIAN LENS KONTAK TERHADAP BIOTA MATA

Identifikasi Staphylococci:

- Pada EW , isolasi terbanyak = *S.epidermidis*
- Pada DW, isolasi terbanyak = *S.capitis/S.warneri*
- Pada DW/EW frekuensi isolasi terbesar = *S.capitis/S.warneri*
- *S.haemolyticus*, *S.lugdensis*, *S.hyicus*, *S.schleferi*, *S.intermedius*, *S. aureus* tidak sering terisolasi

98640-44S.PPT



6L498640-43

Efek Pemakaian Lensa Kontak pada Biota Mata

Dengan identifikasi staphylococci di mata selama pemakaian lensa kontak berarti koagulase-negatif staphylococci (CNS) adalah kelompok Gram-positif yang paling umum mengkolonisasi permukaan mata.

Secara histories, *Staphylococcus epidermidis* dianggap CNS isolasi yang paling sering ditemukan. Studi menunjukkan spesies lain juga penting dan CNS biota berbeda antara cara pemakaian harian dan extended (Leitch *et al.* 1998).

63

**BIOTA LENS KONTAK:
PEMAKAIAN ASIMPTOMATIK**

- Kontaminasi lensa tidak sering
- Organisme paling umum adalah CNS
- Isolasi kadang-kadang bakteri *S.aureus*, *Streptococcus* spp., *Propionibacterium* spp.
- Bakteri gram-negatif jarang terisolasi
- Tidak ada perbedaan dalam frekuensi isolasi untuk DW & EW



98640-45S.PPT

6L498640-44

64

**BIOTA LENS KONTAK:
PEMAKAIAN ASIMPTOMATIK**

- Kontaminasi terjadi disebabkan penanganan lensa
- Kadar kontaminasi lebih tinggi dengan penyimpanan lensa
- Sumber utama:
 - Kulit, udara, hewan
- Gram-negatif dari air/tingkat kontaminasi lingkungan yang rendah



98640-46S.PPT

6L498640-45

65

**PERSYARATAN OKSIGEN PADA KORNEA
PEMAKAIAN LKL HARIAN**

Untuk tidak bengkak dengan waktu pemakaian harian:

- $Dk/t = 24.1 \pm 2.7 \times 10^{-9}$
- EOP 9.9%



98300-4S.PPT

6L498640-46

**Kontaminasi Produk Perawatan Lensa dalam
Pemakaian Lensa Asimptomatik**

Kejadian paling tinggi tentang kontaminasi kotak lensa ditemukan pada pemakai asimptomatik. Organisme dari lingkungan, kulit dan enterik ditemukan.

Beberapa studi telah menunjukkan kurangnya ada hubungan antara tingkat kepatuhan dan kontaminasi produk perawatan lensa. Indikasi dalam hal ini adalah kepatuhan yang baik tidak harus menghasilkan kotak lensa yang bebas kontaminasi.

66

**BIOTA LENS KONTAK:
MATA MERAH AKUT AKIBAT PEMAKAIAN
LENSA KONTAK**

- Jumlah bakteri gram-negatif yang tinggi dari lensa kontak saja
 - *H.influenza*, *Ps.aeruginosa*, *Serr.marcescens*, *Stenotrophomonas* spp.
- Tidak ada kolonisasi kornea oleh organisme
- Peranan endotoksin dalam patogena



98640-48S.PPT

6L498640-47

Biota Lensa Kontak: CLARE

Dalam kondisi inflamasi Contact Lens-induced Acute Red Eye (CLARE), yang terjadi pada pemakai lensa kontak lunak extended, bakteri Gram-negatif dalam jumlah yang sedikit telah terisolasi dari lensa.

67

**BIOTA LENS KONTAK
INFILTRAT STERIL / CLPU**

- CLPU berhubungan dengan bawaan bakteri gram-positif di mata khususnya *S.aureus*
- Berhubung dengan toksin?
- Steril infiltrat berhubungan dengan kontaminasi bakteri dalam kotak penyimpanan

98640-49S.PPT



6L498640-48

Biota Lensa Kontak: Infiltrat Steril / CLPU

Selama pemakaian lensa kontak, kondisi inflamasi kornea seperti infiltrat steril dan ulkus perifer akibat lensa kontak (CLPU) ada hubungan dengan bakteri Gram-positif.

Kemungkinan kejadian ini ada hubungan dengan infiltrat marginal yang terjadi tanpa pemakaian lensa.

68

**BIOTA LENS KONTAK:
INFEKSI KORNEA**

- Penyebab infeksi yang berhubungan dengan LK
 - *Ps. aeruginosa* paling menonjol (60-70% dari kasus kultur terbukti)
 - lain; *Serratia* spp., *Proteus* spp., *Moraxella* spp., lain *Pseudomonads*
 - *Acanthamoeba* spp. berhubungan erat dengan infeksi akibat lensa



6L498640-49

Biota Lensa Kontak: Infeksi Kornea - LCP

Organisme yang mempunyai hubungan dengan infeksi dari lensa berbeda dari infeksi tanpa lensa.

Organisme yang serupa dengan agen penyebab telah di isolasi dari lensa atau kotak lensa pada keratitis yang disebabkan lensa kontak.

Pembentukan biofilm bakteri adalah fenomena umum pada ekosistem mikroba alamiah.

69

**BIOTA LENS KONTAK:
INFEKSI KORNEA - LCP**

- Organisme penyebab di-isolasi dari sistim perawatan atau LK
- Kontaminasi lensa dan penyimpanan dapat terjadi walaupun kepatuhan baik

98640-51S.PPT



6L498640-50

Biota Lensa Kontak: Infeksi Kornea – Biofilm

Sel dalam biofilm lebih tahan dari organisme planktonik (sel non-adherent dalam suspensi). Hal ini disebabkan pada mulanya oleh pengeluaran fisik. Akan tetapi, fakta baru menunjukkan biofilm adalah struktur heterogen yang terdiri dari tumpukan bakteri yang tumbuh lambat diselingi dengan air. Hal ini menunjukkan penetrasi senyawa antimikroba dapat terjadi.

Perubahan fenotip dari bakteri diperkirakan menyebabkan ketahanan. Perubahan ini meliputi modifikasi pada sifat hidrofobik membran protein, struktur dinding sel dan produksi dalam sel adheren.

70

**BIOTA LENS KONTAK:
PERANAN BIOFILM**

Peranan biofilm bakteri:

- Menjelaskan keberadaan organisme yang tidak diduga dalam kotak lensa
- Mengambil bagian dalam patogenesis infeksi

98640-82S.PPT



6L498640-81

71

BIOTA LENS KONTAK: INFEKSI KORNEA - BIOFILM

- Definisi Biofilm :
 - Konsortia fungsional mikro-organisme, yang disusun pada interfase, dalam matriks eksopolimer
- Organisme dalam biofilm menahan antimikroba dengan:
 - Eksklusi fisik
 - Perubahan phenotypic

98640-52S.PPT



6L498640-51

Pembentukan biofilm umum terjadi pada pemakai dengan infeksi bakteri dan amoeba. Kemungkinan ini merupakan penjelasan tentang infeksi yang terjadi pada pasien LKL EW.

Bertambahnya kejadian biofilm pada kotak lensa dan padatnya pembentukan biofilm menunjukkan kotak lensa merupakan sumber awal kontaminasi mikroba.

72

BIOTA LENS KONTAK: INFEKSI KORNEA – KOTAK LENS

(McLaughlin-Borlace *et al.*, 1998)

- Pembentukan biofilm pada LK dan kotak lensa dalam infeksi bakteri dan amoeba:
 - 17/20 kasus kotak lensa vs 11/20 LK
 - Biofilm yang lebih padat dalam kotak lensa

98640-53S.PPT



6L498640-52

73

RANGKUMAN: MIKROBIOLOGI DAN PEMAKAIAN LENS KONTAK

- Organisme gram negatif ada dalam jumlah rendah pada permukaan mata yang normal
- Beberapa bukti menyatakan biota mata dirubah oleh DW/EW hidrogel tetapi implikasi ini tidak jelas
- Pada pemakai asimptomatik, kontaminasi lensa jarang
- Kejadian kontaminasi biasanya menunjukkan biota normal

98640-80S.PPT



6L498640-79

Rangkuman

74

RANGKUMAN: MIKROBIOLOGI DAN PEMAKAIAN LENS KONTAK

- Inflamasi yang berhubungan dengan lensa mungkin disebabkan oleh kolonisasi lensa oleh spesies gram negatif (CLARE) atau bawaan mata dari spesies gram positif (CLPU)
- Keratitis mikroba yang berhubungan dengan LK disebabkan bakteri, dengan *Ps. Aeruginosa* sebagai isolasi kornea yang paling umum

98640-81S.PPT



6L498640-80

Kepustakaan

- Armstrong RA *et al.* (1997). *Fungi and the eye*. *Optom Today*. (May): 32-35.
- Balows A *et al.* (Eds.) (1991). *Manual of Clinical Microbiology. 5th Edition*. American Society for Microbiology, Washington.
- Barrow GI, Feltham RKA (Eds.) (1993). *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Boyd RF, Hoerl BG (Eds.) (1991). *Basic Medical Microbiology. 4th Edition*. Little Brown & Co, Boston.
- Davis BD *et al.* (Eds.) (1997). *Microbiology. 4th Edition*. JB Lippincott, Philadelphia.
- Donzis PB *et al.* (1987). *Microbial contamination of contact lens care systems*. *Am J Ophthalmol*. 104: 325-333.
- Fleiszig SMJ, Efron N (1992). *Microbial flora in the eyes of current and former contact lens wearers*. *J Clin Microbiol*. 30: 1156-1161.
- Ganong WF (1979). *Review of Medical Physiology*. 9th ed. LANGE Medical Publications, Los Altos.
- GardenWeb Website (2000). <http://www.gardenweb.com/glossary/agar>
- Gopinathan U *et al.* (1997). *Microbial contamination of hydrogel contact lenses*. *J Appl Micro*. 82: 653-658.
- Gray TB *et al.* (1995). *Acanthamoeba, bacterial and fungal contamination of contact lens storage cases*. *Br J Ophthalmol*. 79: 601-605.
- Lakkis C *et al.* (1995). *Hydrogel lens case contamination*. *Invest Ophth Vis Sci*. (Suppl.) 36(4): 1461.
- Larkin DFP (1990). *Contamination of contact lens storage cases by Acanthamoeba and bacteria*. *Br J Ophthalmol*. 74: 133-135.
- Leitch EC *et al.* (1998). *Identification and enumeration of staphylococci from the eye*. *Optom Vis Sci*. 75: 258-265.
- Lehninger AL (1982). *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers, Inc., New York.
- Lipener C *et al.* (1995). *Bacterial contamination rates in soft contact lens wearers*. *CLAO J*. 21: 122-124.
- Mayo DS *et al.* (1987). *Association of Pseudomonas and Serratia corneal ulcers with the use of contaminated solutions*. *J Clin Microbiol*. 25: 1398-1400.
- McLaughlin-Borlace L *et al.* (1998). *Bacterial biofilm on contact lenses and lens storage cases in wearers with microbial keratitis*. *J Appl Microbiol*. 84: 827-838.
- Morgan JF (1979). *Complications associated with contact lens solutions*. *Ophthalmology*. 86: 1107-1113.
- Mowrey-McKee MF *et al.* (1992). *Microbial contamination of hydrophilic contact lenses. Part II: Quantitation of microbes after patient handling and after aseptic removal from the eye*. *CLAO J*. 18: 240-244.
- NIH Website (2000). http://www.nih.gov/nigms/news/science_ed/definitn/cytoplasm.html.
- Salyers AA, Whitt DD (1994). *Bacterial Pathogenesis: A Molecular Approach*. ASM Press, Washington.
- Sankaridurg PR *et al.* (1996). *Haemophilus influenzae adherent to contact lenses associated with production of acute ocular inflammation*. *J Clin Microbiol*. 34: 2426-2431.
- Sleigh JD, Timbury MC (Eds.) (1990). *Notes on Medical Bacteriology. 3rd Edition*. Churchill Livingstone, Edinburgh.
- Stapleton F *et al.* (1995). *Changes to the ocular biota with time in extended and daily wear disposable contact lens users*. *Infect Immun*. 63: 4501-4505.
- Stapleton F *et al.* (1995). *Epidemiology of Pseudomonas aeruginosa keratitis in contact lens wearers*. *Epidemiol Infect*. 114: 395-402.
- Stapleton F, Dart JKG (1995). *Pseudomonas keratitis associated with biofilm formation on a disposable soft contact lens*. *Br J Ophthalmol*. 79: 864-865.
- Tortora GJ *et al.* (Eds.) (1994). *Microbiology - An Introduction. 5th Edition*. Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc., CA.

Volk WA *et al.* (Eds.) (1991). *Essentials of Medical Microbiology 4th Edition*. JB Lippincott, Philadelphia.
Willcox MDP, Stapleton F (1996). *Ocular Bacteriology*. *Reviews in Medical Microbiology*. 7: 123-131.



Unit 6.5

(2 Jam)

Kuliah 6.5: Sistim Pertahanan Mata dan
Pemakaian Lensa Kontak

Tinjauan Pelajaran

Kuliah 6.5: Sistim Pertahanan Mata dan Lensa Kontak

V. Pertahanan Mata Non-Spesifik

VI. Pertahanan Mata Spesifik

VII. Pemakaian Lensa Kontak dan Sistim Pertahanan Mata

Kuliah 6.5

(2 Jam)

Sistim Pertahanan Mata dan Pemakaian Lensa Kontak

Daftar Isi

I Pertahanan Non-Spesifik.....	109
II Pertahanan Spesifik.....	120
III Pemakaian Lensa Kontak dan Sistem Pertahanan Mata	126
IV Rangkuman	131

I Pertahanan Non-Spesifik Host

1

**SISTIM PERTAHANAN HOST
MATA DAN PEMAKAIAN
LENSA KONTAK**

98650-1S.PPT



Topik pembahasan ini menjelaskan mekanisme utama daya tahan bagian luar mata terhadap kotoran dan serangan mikro-organisme. Perhatian khusus ditujukan pada peranan selaput airmata. Efek potensial dari pemakaian lensa kontak terhadap sistem pertahanan juga akan dibahas.

6L598650-1

2

PERTAHANAN NON-SPEKIFIK HOST

- Kelopak dan bulumata
- Mekanisme kedipan
- Aliran air mata
- Pengupasan epitel
- Integritas epitel
- Protein airmata

98650-2S.PPT



Sistem Pertahanan Non-Spesifik Mata

- Kelopak dan bulu mata – mencegah masuknya mikro-organisme dan kotoran ke mata.
- Kedipan dan aliran airmata – membersihkan mikro-organisme dan kotoran.
- Pergantian epitel – Membersihkan sel mati, mikro-organisme dan kotoran yang menempel. Keutuhan epitel adalah mekanisme pertahanan yang penting. Studi dengan binatang menunjukkan ada beberapa mikro-organisme yang akan mengganggu dan menginfeksi kornea dengan epitel yang masih utuh.
- Protein air mata yang utama dan minor.

6L598650-2

3

PROTEIN AIRMATA UTAMA

- Lisosome
- Laktoferrin
- β lysin
- Lipokalin
- Musin

98650-3S.PPT



Protein Utama dalam Selaput Airmata

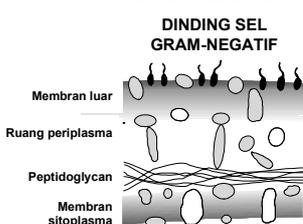
Protein airmata utama dapat diperlihatkan dalam ukuran kualitas milligram per millilitre (mg/mL) Semua protein ini terlibat melindungi mata dari benda asing termasuk mikro-organisme.

6L598650-3

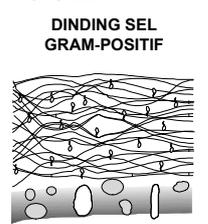
4

BAKTERI: DINDING SEL

**DINDING SEL
GRAM-NEGATIF**



**DINDING SEL
GRAM-POSITIF**



98640-1S.PPT



Sel Membran Bakteri

Sel membran bakteri (seperti sel membran yang lain) terdiri dari dua lapisan lipid (phospholipids). Lapisan ini stabil dalam kondisi isotonik. Akan tetapi, lapisan ini mudah pecah jika konsentrasi garam di kedua lapisan luar lebih rendah dari lapisan dalam, kondisi ini sering terjadi dalam kasus organisme yang hidup.

Oleh karena itu, bakteri harus mampu mencegah kematian dengan lisis pada membran. Hal ini dapat dicapai dengan sintesis substansi yang disebut peptidoglycan diluar kedua lapisan lipid. Dan ini menghasilkan lapisan keras yang dapat mencegah lisis. Jumlah bakteri yang mengandung

6L598640-25

peptidoglycan bervariasi dan variasi ini menjadi dasar penentuan bakteri dalam Gram-positif (lebih banyak peptidoglycan) dan Gram-negatif (sedikit peptidoglycan dan tambahan kedua lapisan lipid).
Lihat Kuliah 6.4: Mikrobiologi untuk diskusi yang lebih rinci mengenai bakteri.

5

LISOSOM

- Enzim, muramidase
- Mengkatalisa asam N-acetyl muramic dan N-acetyl glucosamine
- Lebih aktif terhadap bakteri Gram-positif daripada bakteri Gram-negatif

98650-4S.PPT



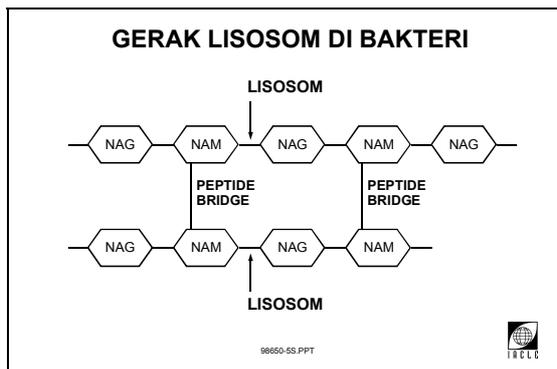
6L598650-5

Aksi Lisosom dalam Bakteri

Lisosom adalah enzim muramidase, yang mengkatalisa proses hidrolisa antara asam N-acetyl muramic (NAM) dan N-acetyl glucosamine (NAG). Kedua gula ini membuat dinding sel (peptidoglycan) bakteri (slide 6).

Lisosom lebih aktif melawan bakteri Gram-positif. Bakteri Gram-negatif memiliki membran/kedua lapisan lipid yang mencegah lisosom dari bereaksi dengan peptidoglycan.

6



6L598650-4

7

LAKTOFERIN

- Mencerna ion Fe^{3+} :
 - Penting untuk pertumbuhan bakteri
- Merusak membran luar gram-negatif:
 - mencerna Mg^{2+}/Ca^{2+} atau melekat pada lipopolisakarida

98650-6S.PPT



6L598650-6

Aksi Laktoferin pada Bakteri

Bakteri memerlukan makanan untuk tetap hidup. Banyak bakteri yang hanya memerlukan beberapa jenis makanan sederhana seperti sumber karbon (glukosa) dan nitrogen (ammonia). Bakteri lain memerlukan makanan yang lebih kompleks seperti gula dari glukosa dan asam amino dan sumber nitrogen. Sumber makanan tambahan seperti manusia, bakteri memerlukan vitamin dan mineral.

Laktoferin bertindak lanjut dengan (menceng-kram tetapi mengikat) ion besi (Fe^{3+}) yang merupakan elemen utama untuk pertumbuhan bakteri (diperlukan untuk beberapa fungsi enzim).

Mereka juga mengganggu membran luar bakteri Gram-negative dengan mengikat ion magnesium (Mg^{2+}) dan ion kalsium (Ca^{2+}) atau dengan mengikat langsung pada membran luar oleh interaksi elektostatik, yaitu dengan penarikan antara muatan berlawanan.

Lipopolisakarida (LPS) pada membran luar bermuatan negatif (-ve) dan laktoferin mempunyai daerah bermuatan positif (+ve) yang disebut laktoferisin.

8

β LISIN AND LIPOKALIN

- Dilaporkan sebagai antibakteri
- Cara kerja tidak diketahui

98650-7S.PPT



Aksi βLisin dan Lipokalin pada Bakteri

Sekarang ini, belum ditemukan mekanisme yang mempunyai zat yang bertindak terhadap bakteri. Penyelidikan yang lebih lanjut diperlukan untuk menentukan peran mereka dalam mempertahankan kesehatan bagian luar mata.

6L598650-7

9

MUSIN

- Bakteri melekat melalui interaksi lectin/karbohidrat
- Mencegah pelekatan bakteri dengan bertindak sebagai penghalang non-spesifik (non-specific blocker)
- Membantu pelepasan dengan dibantu oleh mekanisme airmata dan/atau kedipan

98650-8S.PPT



Aksi Musin pada Bakteri

Bakteri mengikat dengan kuat pada musin, biasanya melalui lectin (protein) pada permukaan bakteri dan sisa karbohidrat (seperti galaktosa).

Musin dapat bantu membuang bakteri dengan:

- Mencegah pelekatan bakteri dengan bertindak sebagai penghalang non-spesifik pelekatan pada permukaan epitel.
- Memudahkan pelepasan dengan airmata dan/atau berkedip.

6L598650-8

10

PENGARUH TIDUR TERHADAP KOMPONEN NON SPESIFIK AIRMATA

Sack *et al.*, 1992

Protein	Tear Type	Konsentrasi (mg/mL)	% Total protein airmata (rata-rata ± SD)
Total	Refleks	6 ± 0.8	
	Mata tertutup	18 ± 6.2	
LaKtoferrin	Refleks	1.8	30 ± 10
	Mata tertutup	1.8	10 ± 10
Lisosom	Refleks	1.6	26 ± 4
	Mata tertutup	1.8	10 ± 4

98650-9S.PPT



Tidur dan Protein Airmata Non-Spesifik

Laktoferin dan protein lisosom di airmata diatur dan konsentrasi mereka tidak berubah dengan perubahan kadar sekret airmata.

Sack *et al.* (1992) mendemonstrasikan konsentrasi laktoferin dan lisosom tidak berubah walaupun dalam keadaan tidur (konsentrasi mereka antara 1.6 and 1.8 mg/mL). Akan tetapi, konsentrasi relatif protein ini, contohnya, persentase protein airmata total menurun (masing-masing 30 ke 10 dan 26 ke 10) dan secara dramatis, protein total bertambah (6 ke 8) dengan mata tertutup ketika tidur (lihat data dalam slide 10).

6L598650-9

11

PROTEIN AIRMATA MINOR DALAM PERTAHANAN HOST

- Enzim dan penghalang enzim
- Complement
- Sitokin/kemokin
- Metabolit asam arakidonat

98650-10S.PPT



Protein Airmata Minor dan Sistem Pertahanan Host

Pada umumnya, protein airmata (biasanya dalam mikrogram per milliliter [µg/mL] atau konsentrasi yang lebih rendah) bertambah saat tidur. Mereka memiliki beberapa fungsi pengatur termasuk:

- Merusak mikro-organisme.
- Melapisi debris dan mikro-organisme yang tertangkap supaya mereka lebih mudah ditelan sel fagosit (Protein komplement melapisi debris dan mikro-organisme).
- Pembuatan sel darah putih dalam selaput airmata (kemokin, komplemen, metabolis asam arachidonat).

6L598650-10

- Aktivasi sel darah putih (sitokin, komplemen, metabolis asam arachidonat).
- Vasodilatasi (komplemen, sitokin, metabolis asam arachidonat).

Protein komplemen terlibat dalam jalur effektor utama untuk respon inflamasi bagian luar mata. Kedua jalur aktivasi yang dijelaskan:

- Jalur Alternatif
- Jalur Klasik.

12

**PROTEIN AIRMATA MINOR:
ENZIM ANTIMIKROBA dan ENZIM
PENGHALANG**

- Sekret Phospholipase A₂
- Specific Leukosit Protease Inhibitor (SLPI)
- Elafin

98650-11S.PPT



6L598650-75

Protein Airmata Minor

Baru-baru ini diperlihatkan, sekresi phospholipase A₂ adalah pembunuh bakteri staphylococcal utama dalam airmata (Qu dan Lehrer 1998). Sekresi phospholipase A₂ bertindak dengan mencerna phospholipid dalam kedua membran bakteri.

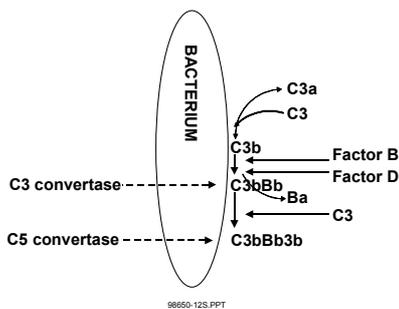
Kedua Specific Leucocyte Pretease Inhibitor (SLPI) dan Elafin adalah anti-protease yang kuat a.l. Mereka mencegah gerak protease yang dapat merusak kornea khususnya kolagen stroma. Aksi antimikroba ini tidak begitu difahami tetapi mungkin berhubungan dengan aktivitas anti-protease.

Protease adalah enzim penting yang membebaskan asam amino dari protein. Kemudian, mikroba menggunakan ini sebagai makanan. Inhibisi protease mikroba mencegah pertumbuhan mikroba.

SLPI juga adalah protein kation yang dapat merusak membran luar bakteri Gram-negatif.

13

JALUR ALTERNATIF



98650-12S.PPT



6L598650-11

Mekanisme Jalur Alternatif

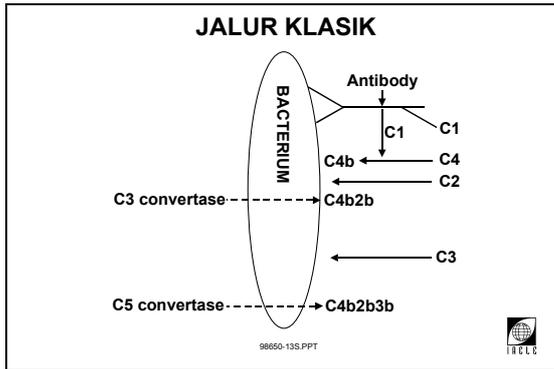
Pengatur utama Jalur Alternatif adalah mikro-organisme atau debris. Dalam jalur ini, Komplemen (C3) mengikat hydroxyl (OH) atau kelompok amide (NH) pada karbohidrat atau protein.

Dalam mengikat, C3 berubah menjadi C3a, yang lepas (dan ini menyebabkan vasodilatasi) dan C3b, tetap melekat pada permukaan.

Setelah pelekatan C3b, faktor B dan D berinteraksi untuk membentuk C3bBb yang adalah enzim konvertase C3. Enzim ini dengan cepatnya, merubahkan lebih banyak C3 menjadi C3a dan C3b.

Interaksi C3bBb dan selanjutnya molekul C3b membentuk enzim konvertase C5 yang merupakan tahap pertama dalam aktivasi komplemen jalur Terminal (lihat slide 15).

14



6L598650-12

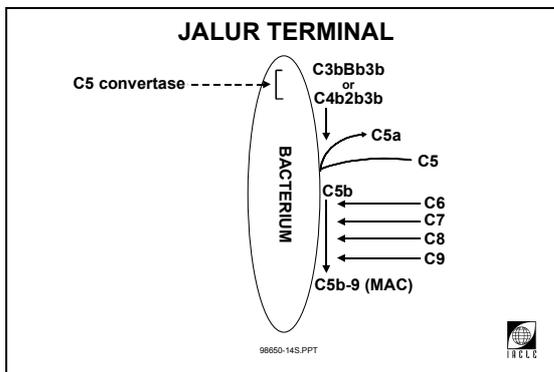
Mekanisme Jalur Klasik

Immunoglobulins G dan M (IgG dan IgM) adalah activator utama dalam Jalur Klasik, jalur yang tergantung pada interaksi antibody/antigen. Jalur ini lebih cepat dari mekanisme Jalur Alternatif.

Konvertase C3 (C4b2b) di jalur ini dibentuk oleh interaksi mengikat C1 ke antibodi, dan C4 dan C2. Dan juga, selanjutnya interaksi enzim dengan molekul C3 membentuk konvertase C5, tahap pertama dalam Jalur Terminal (lihat slide 15).

Jalur klasik mungkin tidak dapat berfungsi dalam airmata, karena komponen utama (C1) dan IgG/IgM dalam tingkatan rendah ditemukan dalam jalur ini.

15



6L598650-13

Mekanisme Jalur Terminal

Kedua jalur Alternatif dan Klasik bertemu pada tahap C5, yaitu pembentukan enzim konvertase c5. Konvertase C5 mengaktifkan C5 dan mempercepat penyerahan C6, 7, 8 dan sejumlah besar molekul C9 untuk membentuk Membrane Attack Complex (MAC).

Untuk merusak penyerbu, MAC membuat rongga ke dalam membran biologis, termasuk mikro-organisme. Sekali membran ditembus, isi sel akan keluar, terjadi kematian sel.

16

MOLEKUL UTAMA JALUR COMPLEMENT

C3b	melindungi mikro-organisme
C3a	Anaphylatoxin - vasoaktif - menggerakkan sel mast
C5a	Anaphylatoxin - rekrut polymorphonuclear leukocytes
MAC	melubangi membran sel

6L598650-14

Komponen Jalur Komplemen

Aktivasi komplemen melapisi mikro-organisme atau debris untuk proses fagositosis sel darah merah (PolyMorphoNuclear leukocytes (PMNs) atau makrofag). Ia melepaskan anaphylatoxins yang:

- Mendapatkan PMNs untuk daerah aktivasi.
- Menyebabkan vasodilatasi.
- Mengaktifkan sel mas untuk melepaskan media inflamasi seperti histamine.

Aktivasi komplemen juga menghasilkan MAC yang dapat merusak mikro-organisme yang menyerbu.

17

PENGATUR AKTIVASI KOMPLEMEN: FAKTOR LARUT AIRMATA

Faktor H	Mempercepat C3 ke iC3b
Laktoferrin	Mencegah konvertase C3
Vitronectin	Mencegah pembentukan MAC

Sack et al., 1993; Tipireddy et al., 1997

6L598650-15

Pengatur Aktivasi Komplemen: Faktor Larut Airmata

Pengaturan komplemen penting untuk mencegah kerusakan sel membran mammalia. Beberapa dari pengatur bertindak dalam Jalur Komplemen. Ini termasuk:

- Faktor H, yang memicu pembelahan C3 menjadi iC3b (bentuk inaktif dari C3b yang tidak dapat membentuk enzim konvertase C3), dengan selanjutnya mencegah aktivasi komplemen di Jalur Alternatif.
- Laktoferrin, yang mencegah konvertase C3 klasik.
- Vitronectin, yang mencegah pembentukan MACs.

18

PENGATUR AKTIVASI KOMPLEMEN: FAKTOR SEL - TERIKAT

DAF	Stimulasi konvertase C3 yang terurai
C8bp	Mencegah C8/C9 melekat pada MAC
CD-59	Mencegah pembentukan MAC

98650-17S.PPT



6L598650-16

Pengatur Aktivasi Komplemen: Faktor Pelapis Sel

Faktor pelapis sel yang mengatur aktivasi komplemen termasuk:

- Decay Accelerating Factor (DAF) yang memicu penguraian konvertase C3.
- C8 Binding Protein (C8bp) yang mencegah pengikatan C8 dan C9 ke MAC.
- CD-59 yang mencegah pembentukan membran MAC.

19

PENGARUH TIDUR PADA KOMPLEMEN

Protein	Tipe Airmata	Konsentrasi $\mu\text{g/mL}$ (mean \pm SD)	% Konsentrasi Plasma
C3	Refleks	4.0 \pm 5.6	0.6
	Mata tertutup	107 \pm 84	15
Factor B	Refleks	0.1 \pm 0.1	0.1
	Mata tertutup	21 \pm 8	20
C5	Refleks	0	0
	Mata tertutup	1.0 \pm 0.4	1.9

Willcox *et al.*, 1997

98650-18S.PPT



6L598650-17

Efek Tidur (Mata Tertutup) pada Sistem Sistem Komplemen

Kedua Komplemen C3 dan Faktor B sabgat menolnjol di airmata pada mata terbuka dan indikasinya adalah Jalur Alternative Complement yang mengontrol.

Tingkat C3 dan Faktor B yang meningkat setelah tidur (Willcox *et al.* 1997) mengindikasi bahwa ini dapat disintesis secara local sedangkan C5 yang hanya berkonsentrasi 2% plasma kemungkinan masuk kedalam airmata melalui kebocoran serum dan melewati dinding pembuluh darah pada konjungtiva.

Tingkat plasma komponen lain juga adalah kira-kira 2%. Oleh karena itu, kemungkinan semuanya masuk melalui kebocoran dari plasma.

20

PERAN KOMPLEMEN DALAM AIRMATA DAN MATA BAGIAN LUAR

- Dalam airmata:
 - rekrut PMN
 - melindungi bakteri yang tertangkap
- Dalam jaringan:
 - penolakan jaringan setelah cangkok kornea

98650-19S.PPT



6L598650-18

Peranan Komplemen

Peranan utama komplemen dalam airmata adalah untuk:

- Melapisi mikro-organisme.
- Fagositosis oleh sel darah merah.
- Aktifkan jalur klasik dengan membantu gerak antigen/antibody kompleks selama penolakan jaringan.

21

SITOKIN DI AIRMATA

- Interleukins: IL - 1 and IL - 6
- Faktor stimulasi koloni: GM-CSF
- Faktor pertumbuhan: TGF β and HGF
- Interferons: IFN γ

98650-20S.PPT



6L598650-19

Sitokin yang Ditemukan dalam Selaput Airmata

Banyak tipe sel yang memproduksi sitokin. Protein yang kecil ini dapat mempengaruhi pertumbuhan dan aktivasi sel. Contoh kelompok ini termasuk:

- Interleukin. Interlukin adalah protein kecil yang semulanya dianggap hanya tanda antara sel darah putih (leukin).
- Faktor stimulasi koloni (CSF), contoh. Faktor Stimulasi Koloni Granulosit-Monosit (GM-CSF).
- Faktor Pertumbuhan, contoh. Pertumbuhan Jaringan Faktor beta (TGF β) atau Faktor Pertumbuhan Hepatosit (HGF).
- Interferon, contoh. InterFeroN gamma (IFN γ).

22

**INTERLEUKIN
IL - 1 DAN IL - 6**

- Sitokin yang kuat
- Aktifkan PMNs
- Stimulasi pelepasan IIs yang lain
- Stimulasi pembocoran sel epitel
- Tingkatkan interaksi sel dendritik/T
- Stimulasi sel B untuk sintesa antibodi

98650-21S.PPT



6L598650-20

Interleukin dan Inflamasi

Interleukin banyak berperan dalam respon inflamasi. Ini termasuk:

- Persiapan PMN untuk fagositosis.
- Stimulasi pelepasan antara satu sama lain.
- Terlibat dalam respon penyembuhan luka (khususnya IL-6).
- Sel dendrit (lihat slide 54) memberi antigen untuk sel T (lihat slide 53) dan menstimulasi respon imun, khususnya sel B immuno-globulin dan respon sitotoksik sel T. Sel T sitotoksik adalah sel darah putih khusus yang dapat membunuh sel mammalia yang terinfeksi dengan mikro-organisme. Sel ini rusak dalam penyakit seperti HIV-AIDS.
- Keterlibatan dalam produksi spesifik immunoglobulin di mata, khususnya IgA.

23

**FAKTOR STIMULASI KOLONI
GM-CSF**

Fungsi utama dalam mata:

- Stimulasi sel dendritik di kornea (memberi antigen)
- Stimulasi PMNs untuk tingkatkan fagositosis IgA

98650-22S.PPT



6L598650-21

Faktor Stimulasi Koloni dan Inflamasi

Hanya satu faktor stimulasi koloni, faktor stimulasi koloni Granulosit-Monosit atau GM-CSF, telah dilaporkan dalam airmata. Di mata, GM-CSF bertindak menempati antigen dengan sel (sel dendrit) dan mendapatkan PMN.

24

**FAKTOR PERTUMBUHAN
TGFβ**

Sitokin anti-inflamasi:

- Menghalangi beberapa tipe produksi antibodi
- Perkembangan sel B untuk sintesa IgA
- Perkembangan penyembuhan luka dengan menstimulasi fibroblast
- Mengatur fungsi inflamasi IL - 1/IL - 6

98650-23S.PPT



6L598650-22

Faktor Pertumbuhan dan Inflamasi

Faktor pertumbuhan jaringan β mungkin merupakan sitokin yang penting dalam mata karena ia mempunyai efek mengontrol dan mengurangi sistim inflamasi yang berdasarkan pada sitokin lain.

25

**INTERFERON
IFN γ**

Di mata sitokin ini:

- Mempengaruhi pemasukan antigen pada sel T
- Mengaktifkan fagosit
- Menghalang produksi IgE



98650-24S.PPT

6L598650-23

Interferon dan Inflamasi

Tidak seperti interferon yang lain, IFN γ bukan anti-viral. Mereka adalah pro-inflamasi sitokin.

26

**KEMOKIN DI AIRMATA
IL - 8**

- Penyerap spesifik untuk PMN
- Dihasilkan oleh sel epitel



98650-25S.PPT

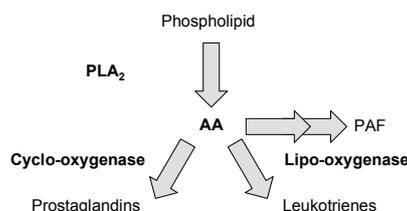
6L598650-24

Khemokin yang ditemukan dalam selaput air mata

IL-8 telah ditemukan dalam selaput airmata. Sitokin dengan daya tarik-kemo kemo ini dipercayai adalah efektor utama untuk rekrut PMN ke dalam airmata saat tidur dan ke dalam stroma saat infeksi/inflamasi.

27

METABOLIT ASAM ARAKIDONAT



98650-26S.PPT

6L598650-25

Metabolit Asam Arakhidonat

Membran pengikat asam arakhidonat phospholipid berada di dalam semua sel badan. Metabolit dapat melepaskan PhosphoLipase A₂ (PLA₂) dengan bermacam-macam tanda termasuk adhesi bakteri dan sitokin.

Terdapat dua jalur utama aktivasi asam arakhidonat.

- Jalur Cyclo-oxygenase: memproduksi prostaglandin, thromboxan dan prostacyclin yang menambah dilatasi dan permeabilitas vaskular.
- Jalur Lipo-oxygenase: memproduksi leukotrien yang merupakan bahan tarik-kemo untuk PMN dan makrofag macrophages.

28

KEMUNGKINAN FUNGSI METABOLIT ASAM ARAKIDONAT DI AIRMATA

- Prostaglandins meningkatkan vasodilatasi/ permeabilitas vaskular
- Leukotrienes Penyerap-kemo untuk PMNs dan makrofag, stimulasi PMNs
- PAF aktifkan PMNs, permeabilitas vaskular



98650-27S.PPT

6L598650-26

Faktor aktivasi platelet (PAF) memainkan peranan dalam aktivasi PMN dan meningkatkan permeabilitas vascular.

29

PENGARUH TIDUR PADA SITOKIN DAN METABOLIT ASAM ARAKIDONAT

Sitokin/AAs	Tipe airmata	Konsentrasi (pg/mL)
IL - 6	Refleks Mata tertutup	0 150 ± 110
IL - 8	Refleks Mata tertutup	2000 ± 2000 150x10 ³ ± 100x10 ³
LTB ₄	Reflex Mata tertutup	232 ± 35 1005 ± 205

98650-26S.PPT IACLE

6L598650-27

Efek Tidur (Mata Tertutup) pada Metabolit Sitokin dan Asam Arakhidonat

Thakur *et al.* (1998) menemukan banyak metabolit sitokin dan asam arakhidonat ada dalam selaput airmata selama tidur. (pada tahap aktif). Kemungkinan IL-8 adalah bahan tarik-kemo yang utama dalam merekrut PMNs ke dalam selaput airmata selama mata tertutup.

Konsentrasi tinggi dari IL-6 dan LTB₄ dalam airmata dengan mata tertutup melengkapi PMNs untuk fagostosis.

30

TIPE SEL DARAH PUTIH DALAM PERTAHANAN NON-SPEKIFIK BAGIAN LUAR MATA

98650-28S.PPT IACLE

6L598650-28

Sel Darah Putih dan Mekanisme Pertahanan Mata

Bagian luar mata agak lain dimana kornea adalah avaskular.

Sel yang menetap, termasuk sel yang direkrut dalam konjungtiva dan kornea, terlibat dalam pertahanan non-spesifik host.

31

MAKROFAG

- Tinggal dalam sel darah putih
- Fagositosis mikro-organisme
- Membunuh mikro-organisme
- Tanda untuk rekrut sel lain
- Ditemukan dalam semua jaringan – jarang di kornea



98650-30S.PPT IACLE

6L598650-29

Makrofag

Makrofag adalah salah satu dari sel utama yang terlibat dalam mekanisme pertahanan mata. Sel ini dapat fagosit mikro-organisme yang mungkin dapat berlindung (dilapisi dengan komplemen atau antibody).

Salah satu fungsi utama makrofag adalah untuk masuk dan mematikan serbuan mikro-organisme. Mereka dilengkapi dengan beberapa secret yang membantu proses pemusnahan.

32

PRODUK SEKRET FAGOSIT

- Enzim - lisosim
- protease
- Komponen komplemen
- Sitokin dan metabolit asam arakidonat
- Radikal reaktif oksigen
 - H₂O₂
 - O₂⁻
 - OH⁻

98650-31S.PPT IACLE

6L598650-30

Hasil Sekret Fagosit

Sebelumnya telah dijelaskan tentang cara kerja komplemen dan sitokin. Beberapa bahan pembunuh yang paling kuat adalah radikal oksigen. Bahan ini mengoksidasi komponen mikro-organisme dan mencegah fungsi mereka.

Radikal oksigen adalah:

- Hidrogen peroksida (H₂O₂).
- Superoksida (O₂⁻).
- Hidroksida (OH⁻).

33

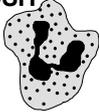
**SEL DARAH PUTIH YANG
TELAH DIREKRUT DALAM
PERTAHANAN
NON-SPESIFIK HOST**



6L598650-31

34

POLIMORFINUKLEAT LEUKOSIT



- Fagositosis mikro-organisme
- Membunuh mikro-organisme
- Tanda untuk rekrut lanjut PMN



6L598650-32

Polymorphonuclear Leukocyte

Polymorphonuclear leukocyte (PMN) atau neutrofil merupakan sel efektor utama pada mata.

PMN adalah leukosit yang berbentuk butiran (yaitu partikel kecil yang terlihat dalam sel setelah staining/ perwarnaan tertentu). Biasanya PMN adalah jenis sel pertama yang di rekrut oleh makrofag, atau sel lain, di daerah luka jaringan atau infeksi.

Faktor kemotatik yang terlibat dalam rekrut ini adalah IL-8, LTB₄, komplemen C5a dan peptida mikroba.

PMN dapat melepaskan zat kemotatik untuk merekrut sel-sel lain.

35

**PRODUK SEKRET PMN
PROTEIN MIKROBICIDAL**

Azurophillic granules	Specific granules
Defensins	Lysozyme
Myeloperoxidase	NADPH oxidase
Lysozyme	Lactoferrin



6L598650-33

Produk Sekret PMN

Defensin adalah protein kecil bermuatan positif tinggi yang menyerbu membran mikroba.

Myeloperoxidase dan Nicotinamide Adenine Dinucleotide PHosphate (NADPH) oksida terlibat dalam produksi radikal oksigen.

Fungsi lisosom dan laktoferin adalah seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

PMN juga mengandung radikal oksigen.

36

REKRUT PMN SELAMA TIDUR

Tan et al., 1993

Tipe Airmata	Jumlah PMNs
Refleks / terbuka	0
Tidur 3 jam	41 ± 63
Tidur 8 jam	6583 ± 2354



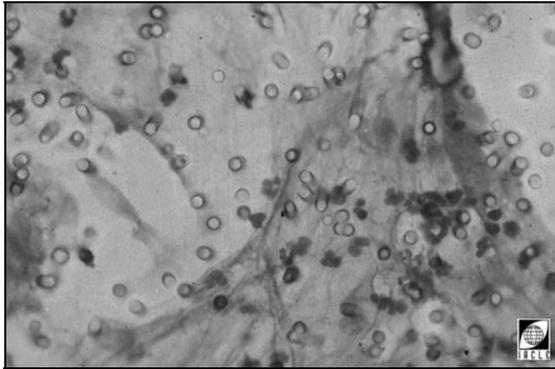
6L598650-34

Pengerahan PMN Selama Tidur (Mata Tertutup)

PMN adalah sel darah putih utama yang masuk kedalam selaput airmata saat tidur dan 'mengawasi' permukaan mata dari penyerbuan mikro-organisme.

Jumlah PMN mulai bertambah setelah tiga jam tidur dan ribuan PMN dapat diambil dari mata setelah delapan jam (Tan *et al.* 1993). PMN ini hilang dari selaput airmata dengan cepat setelah bangun tidur dan apabila ada refleks kedip.

37



7L91906-94

Slide 37 menunjukkan PMN dari selaput airmata yang tertangkap pada membran setelah larutan pembersih mata disaring. PMN berhubungan dengan lendiran mukosa yang sering ditemui di mata yang terbuka setelah suatu tahap tidur.

38

**PERTAHANAN NON-SPEKIFIK HOST
RANGKUMAN**

- Berdasarkan sifat fisik mata , protein dan sel darah putih dalam airmata
- Lisosim, laktoferrin, musin dan komplemen, adalah pembersih mikro-organisme
- Komplemen, sitokin dan metabolit asam arakidonat adalah tanda utama untuk sel darah putih
- PMNs dan makrofag adalah pembersih sel dari mikro-organisme

98650-56S.PPT



6L598650-53

II Pertahanan Host Spesifik

39

PERTAHANAN SPESIFIK HOST

- Berdasarkan produksi antibody dan sel T
- Respon imun humoral berdasarkan antibody (immunoglobulin)
- Respon hubungan sel berdasarkan sel T

98650-37S.PPT



6L598650-35

Mekanisme Pertahanan Host Spesifik

Pertahanan host spesifik berdasarkan produksi antibody. Antibodi ini adalah protein yang disintesis untuk bereaksi terhadap antigen khusus.

Juga yang terlibat dalam pertahanan host spesifik adalah limfosit, salah satu tipe sel darah putih.

Terdapat dua jenis limfosit yang menjadi perhatian. Sel T yang berperan dalam mendeteksi antigen luar sedangkan sel B mengeluarkan immunoglobulin.

Terdapat banyak fungsi dari pertahanan host spesifik yang bereaksi dengan sistem pertahanan host non-spesifik.

40

FUNGSI ANTIBODI

- Melekat pada permukaan mikro-organisme untuk mencegah adhesi pada permukaan host
- Netralisir toksin
- Bantu dalam fagositosis
- Aktifkan komplemen
- Aktifkan sel putih yang spesifik

98650-38S.PPT



6L598650-36

Fungsi Antibodi

Respon Antibodi terhadap mikro-organisme yang membahayakan mata sangat cepat. Akan tetapi, jika antibody khusus diproduksi, berarti mata sudah pernah dipaparkan mikro-organisme sebelumnya.

41

IMMUNOGLOBULIN DI AIRMATA

- IgA
- IgG
- IgM
- IgE

98650-39S.PPT



6L598650-37

Immunoglobulin Dalam Selaput Airmata

Secara khusus dan sensitifitas, Immunoglobulin melengkapi host untuk mendeteksi dan melawan antigen berbeda yang berada di mata.

42

IMMUNOGLOBULIN A

- Paling banyak dalam airmata
- Dua bentuk-iso, IgA dan IgA₂
- Kedua bentuk dalam konsentrasi yang sama
- Kedua bentuk mempunyai fungsi yang sama
- IgA₂ tahan terhadap protease bakteri

98650-40S.PPT



6L598650-38

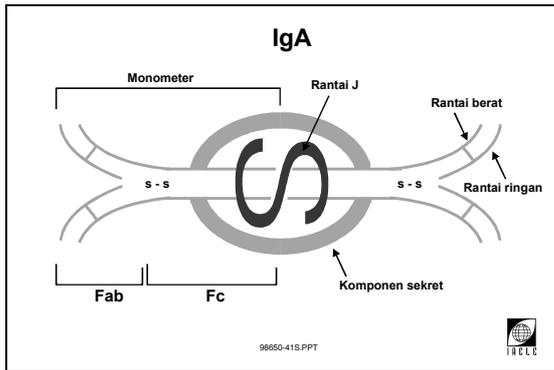
Immunoglobulin A (IgA)

IgA terdiri dari dua rantai berat dan ringan. Molekul seluruhnya adalah dimer (dua molekul immunoglobulin penuh; rantai berat dan ringan) disambung dengan rantai J (slide 43). Selama pengeluaran, komponen sekret di tambahkan.

Bagian Fab adalah spesifik terhadap antigen yang berbeda sedangkan bagian lain, bagian Fc dikenali oleh sel darah putih.

Bagian Fab paling kecil setelah pencernaan dengan enzim yang menghidrolis ikatan amine dan ia mengandung rantai ringan yang terikat tetapi rantai berat yang rusak.

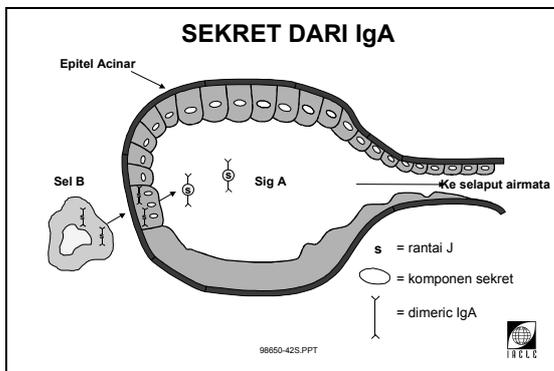
43



Bagian Fc adalah bagian paling besar setelah pencernaan dengan enzim yang menghidrolisis ikatan amine dan bagian ini mengandung hanya rantai yang berat.

6L598650-1

44



Pengeluaran dan Fungsi Immunoglobulin A

Sel B, adalah sel sekret immunoglobulin khusus yang berada dalam duktus lakrimalis. Sel ini mengeluarkan IgA yang berikatan dengan rantai J. Sebelum masuk ke dalam selaput airmata, IgA berhubungan dengan komponen sekret pada permukaan basolateral sel asinar (slide 44).

6L598650-39

45

FUNGSI SEKRET IgA

- Melekat pada mikro-organisme dan mencegah:
 - Adhesi pada permukaan (epitel, lensa kontak)
 - Gerakan dan pertumbuhan
- PMNs mempunyai reseptor IgA - fagositosis

6L598650-40

46

TINGKAT SEKRET IgA DALAM AIRMATA
Sack et al., 1992

Protein	Tipe Airmata	Konsentrasi (mg/mL)	% Total protein airmata (rata ± SD)
Total	Refleks	6.0	
	Mata tertutup	18.0	
slgA	Refleks	0.23	4.9 ± 1.1
	Mata tertutup	8.4	50.3 ± 13.4

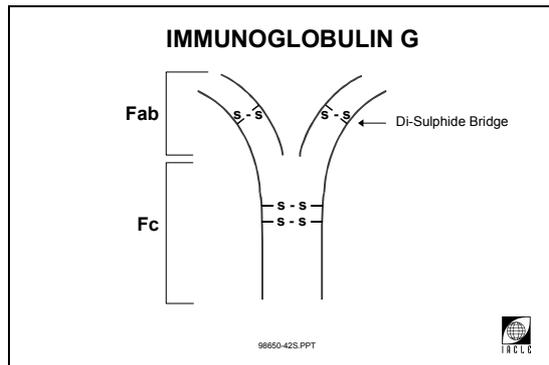
Tingkat IgA dalam Selaput Airmata

Secara konstitutif, protein slgA adalah sekret protein. Konsentrasinya berubah dengan perubahan tingkat sekret airmata.

Tingkat slgA dalam selaput airmata paling rendah dalam airmata karena refleks. Secara dramatis, ini bertambah dengan mata terbuka ke mata tertutup dan juga menentukan protein total dalam selaput airmata ketika mata tertutup.

6L598650-41

47



6L598650-42

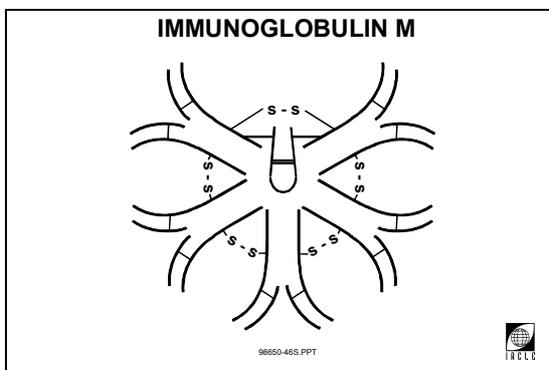
Immunoglobulin G

Terdapat empat tingkatan yang berbeda dalam Immunoglobulin G (IgG). Dalam darah, IgG1 paling banyak. Kemungkinan masuk ke dalam airmata melalui kebocoran plasma melewati pembuluh darah di konjungtiva. Dan IgG1 dapat disintesis dalam kelenjar lakrimalis.

Sifat utama IgG adalah:

- Ia mengaktifkan komplemen melalui Jalur Klasik.
- Ia bersifat melindungi.
- PMN dan makrofag mempunyai reseptor IgG yang membantu dalam fagositosis.
- Ia aktif dalam penolakan jaringan seperti transplantasi kornea.

48



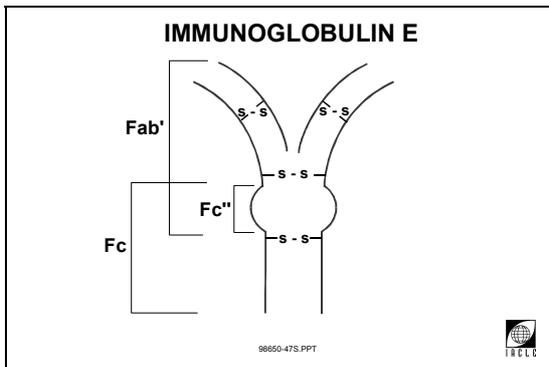
6L598650-43

Immunoglobulin M

IgM adalah immunoglobulin pentamerik. Ini berarti ia mengandung lima molekul penuh immunoglobulin termasuk rantai berat dan ringan. Hal ini terjadi dalam jumlah yang sangat rendah dalam airmata dan kemungkinan masuk ke dalam selaput airmata melalui kebocoran plasma.

IgM adalah pengatur komplemen yang sangat baik dan aktif dalam fagositosis.

49



6L598650-44

Immunoglobulin E

IgE adalah immunoglobulin monomerik seperti IgG dan berfungsi khusus untuk melepaskan parasit.

IgE terlibat dalam banyak kelainan alergi (reaksi hipersensitifitas). Ia berinteraksi dengan tipe sel darah putih khusus yang tertentu (sel mas dan basofil).

Reaksi hipersensitifitas mata dapat terjadi dalam pemakaian lensa kontak seperti hal larutan pembersih lensa yang allergenik. Respon mata selama kejadian demam hay-fever adalah contoh jelas dari hipersensitifitas mata karena IgE/ sel mas.

Responnya adalah:

- Gatal.
- Pengeluaran air mata.
- Kemerahan.
- Kemosis.
- Edema kelopak.

50

IgE DAN HIPERSENSITIFITAS MATA

Sekali IgE bertemu dengan allergen/antigen:

- IgE spesifik akan dihasilkan
- IgE spesifik melekat pada sel mast konjungtiva

Selanjutnya pertemuan berikutnya dengan allergen:

- Allergen melekat pada sel mast yang berhubungan dengan E
- Sel mast diaktifkan dengan cepat
- Mediator inflamasi yang kuat dilepaskan
 - histamine
 - metabolit AA
 - sitokin

The IACLE logo is in the bottom right corner.

6L598650-45

51

KOMPONEN SELULAR SISTEM IMUN SPESIFIK MATA BAGIAN LUAR

- Sel B
- Sel T
- Sel dendritik
- Sel mast
- Basofil
- Makrofag
- PMNs



98650-49S.PPT

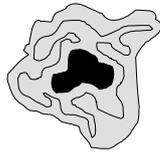
Komponen Selular Sistem Pertahanan Host Spesifik

6L598650-46

52

SEL B

- Menghasil dan sekret immunoglobulin
- Terdapat dalam kelenjar lakrimalis



98650-50S.PPT

Sel B

Sel B seperti namanya awalnya diperkirakan berasal hanya dari sum-sum tulang.

Peranan utama sel B adalah untuk menghasilkan dan mengeluarkan immunoglobulins. Sel ini ditemukan dan di-identifikasi dalam kelenjar lakrimalis.

6L598650-47

53

SEL T

- Sel bantu T (CD8+)
 - Mengenal antigen dari sel dendritik makrofag
 - Stimulasi perbedaan pada sel B
- Sel T sitotoksik (CD4+)
 - merusak sel yang terinfeksi
- Berada dalam kelenjar lakrimalis dan konjungtiva?



98650-51S.PPT

Sel T

Sel T seperti namanya, awalnya dianggap sel yang berasal dari timus.

Klasifikasi CD (clusters of differentiation) classification of white blood cells is based on surface antigens.

Terdapat bukti jelas keberadaan semua jenis sel- T di dalam kelenjar lakrimalis, tetapi tidak terbukti semua jenis sel ini ada pada konjungtiva.

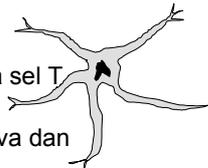
Pada keadaan normal, kornea juga tidak terlihat adanya sel T. Akan tetapi sel T dapat masuk ke kornea jika kornea terinfeksi dengan virus.

6L598650-48

54

SEL DENDRIT

- Memberi antigen kepada sel T
- Ada di kornea, konjungtiva dan kelenjar lakrimalis



98650-52S.PPT

Sel Dendrit

Sel dendrit berbentuk panjang menonjol seperti jari yang menyebar dari seluruh jaringan. Melalui peyebaran ini, sel ini dapat kontak dengan sel lain yang ada disekelilingnya.

Pada dasarnya, sel dendrit berhubungan makrofag jaringan. Pada keadaan normal, sel ini hanya berada di perifer kornea. Dan mereka juga ditemukan dalam konjungtiva dan kelenjar lakrimalis.

Pemakaian lensa kontak pada hewan menunjukkan pengaruh distribusi sel dendrit pada kornea. Sel cenderung bergerak ke pusat kornea.

6L598650-49

55

MAKROFAG

- Fagositosis
- Memberi antigen kepada sel T
- Ada di konjungtiva, kelenjar lakrimalis dan kornea (?)



98650-53S.PPT

6L598650-50

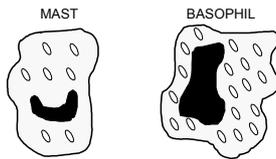
Macrophages

Macrophages adalah sel ketahanan primer dan berasal sebagai pro-monosit bone-marrow. Macrophages terdapat disepanjang jaringan pengikat dan berhubungan dengan membran dasar pembuluh darah kecil.

56

SEL MAST DAN BASOFIL

- Terlibat dalam reaksi alergi
 - stimulasi oleh IgE
- Berada dalam konjungtiva – sel mast



98650-54S.PPT

6L598650-51

Sel Mast dan Basofil

Sel mast tidak bergerak pada konjungtiva, sedangkan basofil direkrut. Sel mast melepaskan mediator inflamasi, termasuk histamine dan terlibat dalam respon hipersensitifitas (diselingi IgE).

57

POLIMORFONUKLEAT LEUKOSIT

- Mengenal dan merusak :
 - partikel yang dilapisi immunoglobulin
 - mikro-organisme



98650-55S.PPT

6L598650-52

Polimorfonukleat Leukosit

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, PMNs mampu sekali untuk menghancurkan partikel yang dilapisi immunoglobulin dan mikro-organisme.

58

PERTAHANAN SPESIFIK HOST RANGKUMAN

- Berdasarkan produksi immunoglobulin
- sIgA adalah antibodi utama dalam airmata
- IgE adalah antibodi utama dalam reaksi alergi
- Mencegah kolonisasi mikro-organisme pada mata dan bantu mengenal mikro-organisme dengan komponen selular



98650-36S.PPT

6L598650-71

59

**PERTAHANAN SPESIFIK HOST
RANGKUMAN**

- Sel dendritik memberi tanda kepada sel T tentang adanya mikro-organisme
- Sel T memberi tanda kepada sel B untuk memproduksi antibodi spesifik
- PMNs dan makrofag mencerna dan membunuh mikro-organisme yang dilapisi dengan antibodi dan/atau komplemen

98650-575.PPT



6L598650-72

III Pemakaian Lensa Kontak dan Sistim Pertahanan Host

60

PENGARUH PEMAKAIAN LK PADA PERTAHANAN MATA BAGIAN LUAR

Pemakaian lensa kontak dapat:

- Mengganggu selaput airmata
- Mempengaruhi integritas/pengelupasan epitel
- Merubah keseimbangan protein airmata
- Mempengaruhi rekrut PMN saat tidur
- Mempengaruhi tingkat immunoglobulin
- Menyediakan tempat untuk kolonisasi bakteri yang mempengaruhi infeksi dan inflamasi

98650-59S.PPT



6L598650-55

Pemakaian Lensa Kontak dan Mekanisme Pertahanan Mata

Lensa kontak dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam mekanisme pertahanan host untuk melindungi mata. Hal penting adalah untuk memahami semua efek potensial dalam pemakaian lensa kontak dan untuk meminimalkan risiko yang berhubungan untuk setiap pasien.

61

PENGARUH PEMAKAIAN LENS KONTAK PADA KADAR KEUTUHAN DAN KUPAS EPITEL

- Lensa Dk/t yang rendah menaikkan tingkat LDH dalam airmata
- Lensa Dk/t yang rendah menambah pembengkakan kornea sehingga membesarkan 'ruang' antara sel
- Lensa lunak cenderung menangkap sel yang terkupas
- Abrasi mekanis tingkat rendah dapat mengganggu epitel

98650-60S.PPT



6L598650-56

Keutuhan Epitel dan Kadar Kupas Sel

Laktat dehydrogenase (LDH) adalah enzim intrasellular. Adanya LDH dalam airmata menunjukkan kerusakan pada sel epitel karena kerusakan sel adalah mekanisme dimana enzim dilepaskan.

Edema kornea (pembengkakan) yang berhubungan dengan lensa kontak transmisiabilitas oksigen yang rendah (Dk/t) memperbesar ruang antar sel-sel epitel yang berdekatan dan ini memudahkan masuknya mikro-organisme ke dalam epitel. Ada beberapa bukti yang menunjukkan lensa Dk/t rendah lebih memudahkan adhesi bakteri pada permukaan sel epitel.

Umumnya, lensa lunak mempunyai sedikit pertukaran airmata dan cenderung menangkap sel epitel yang terkupas. Bakteri melekat pada sel-sel yang tertangkap dan hal ini memungkinkan bakteri untuk masuk ke dalam epitel.

Keuntungan lensa RGP adalah terjadinya pertukaran airmata yang signifikan dengan setiap kedipan dapat membuang sel-sel yang terkupas.

Abrasi mekanik tingkat rendah dari epitel karena lensa kontak dapat meningkatkan adhesi bakteri pada sel.

62

PEMAKAIAN LK DAPAT MERUBAH KESEIMBANGAN PROTEIN AIRMATA DARI PERTAHANAN NON-SPEKIFIK

- Lensa menyerap protein dari airmata
- Tingkat lisosim/laktoferrin/musin tidak berubah
- Protein yang terserap memberi:
 - substratum untuk adhesi bakteri
 - kekuatan reaksi imun karena protein dilihat sebagai 'benda asing'

98650-61S.PPT



6L598650-57

Tingkat Protein Airmata

Lensa kontak dapat menyerap protein dari selaput airmata. Hal ini benar untuk bahan lensa lunak khususnya hidrogel kadar air tinggi dan ionik. Akan tetapi, studi menunjukkan efeknya yang minimal pada konsentrasi lisosom, laktoferin dan musin dalam airmata pemakai lensa kontak.

Protein pada, dan dalam lensa kontak berpotensi menyediakan bahan (substratum) untuk for pelekatan bakteri.

Apabila protein pada lensa mengurai, ini akan mengaktifkan reaksi imun dimana bahan ini dianggap benda asing oleh tubuh.

63

PENGARUH PEMAKAIAN LENS KONTAK PADA SITOKIN DAN METABOLIT ASAM ARAKIDONAT

Subjek	IL-8	IL-6	GM-CSF	LTB ₄
NCLW	150 x 10 ³	150	66	1005
EWCL	230 x 10 ³	218	59	1150

Tidak ada efek statistik yang penting pada mediator inflamasi

98650-62S.PPT



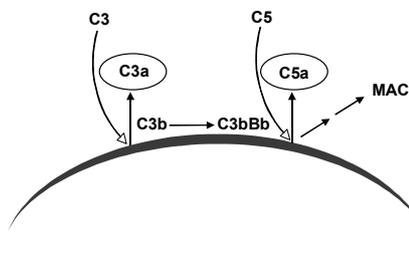
Metabolit Sitokin dan Asam Arachidonic

Hasil dari studi yang tidak diterbitkan yang membandingkan konsentrasi metabolit sitokin dan asam arachidonic pada pemakai tanpa lensa kontak dan pemakai lensa kontak secara extended, mendapati bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok yang diselidiki (Willcox MDP, personal communication).

6L598650-58

64

AKTIVASI KOMPLEMEN PADA LK



98650-63S.PPT



Aktivasi Komplemen pada Lensa Kontak

Lensa kontak mengaktifkan sistem komplemen. Seperti yang terlihat dalam slide 64, C3 diaktifkan di permukaan lensa. Aktivasi C3 melepaskan C3a. Ini menyebabkan vasodilasi dan juga menstimulasi penguraian granula sel mast. C3b yang melekat pada lensa dapat menstimulasi PMNs untuk bereaksi dengan permukaan lensa.

Aktivasi komplemen, penguraian granula sel mast dan pengerahan PMN akan menambahkan kemungkinan reaksi inflamasi.

Bagaimana pun, C3 dalam tingkatan rendah dan kebanyakan pemakai tidak akan mengalami inflamasi akut dengan hanya memakai lensa kontak. Faktor lain seperti perlunya kolonisasi bakteri dan jumlah laktoferin inhibisi yang banyak dalam airmata dapat mencegah aktivasi komplemen.

Kemerahan tingkat rendah saat pemakaian lensa dan juga sensasi ketidaknyamanan seperti gatal disebabkan sebagian oleh aktivasi C3 tingkat rendah.

6L598650-59

65

PEMAKAIAN LENS KONTAK MENGURANGI REKRUT PMN DALAM AIRMATA

Stapleton *et al.*, 1997

Kejadian	Median tanpa pakai lensa	Median pakai lensa
Mata terbuka	0	0
Tidur 8 jam	2777	181

98650-64S.PPT



Pengerahan Polimorfonuklear Leukosit

Studi oleh Stapleton *et al.* (1997) menyelidiki efek pemakaian lensa kontak terhadap pengerahan PMNs.

Pasien memakai lensa hidrogel ionik (kelompok 4 FDA) secara harian dan kemudian memakai lensa untuk satu malam.

Hasil studi menunjukkan perbedaan signifikan dalam jumlah PMNs yang ada di airmata setelah pemakaian semalaman. Hal ini memungkinkan terjadinya kolonisasi bakteri pada bagian luar mata selama tidur dengan lensa kontak sehingga ini meningkatkan kesempatan terjadinya infeksi atau inflamasi mata.

Karena kurangnya efek pemakaian lensa pada metabolit sitokin dan asam arachidonic, kelihatan jumlah PMN yang sedikit adalah hasil dari keberadaan fisik lensa kontak.

6L598650-60

66

PENGARUH PEMAKAIAN LK PADA TINGKAT sIgA DALAM AIRMATA

sIgA: % of total protein

Tipe airmata	Tanpa lensa	DW	EW
Mata tertutup	54	-	51
Mata terbuka	22	13	10

N = 6

98650-65S.PPT



6L598650-61

Tingkat IgA dalam Airmata

Imunoglobulin dalam airmata, sIgA, banyak berkurang selama pemakaian lensa kontak dengan mata terbuka apabila ini dibandingkan dengan tanpa lensa (Pearce *et al.* 1999).

Pemakaian lensa kontak extended (EW) menyebabkan berkurangnya sIgA yang lebih banyak jika dibandingkan dengan pemakaian harian (DW). Tingkat sIgA dalam airmata saat mata terbuka setelah tidur tidak dipengaruhi oleh pemakaian lensa kontak.

Pengurangan sIgA memungkinkan mikro-organisme, atau toksin nya, untuk menyebabkan reaksi inflamasi pada mata.

67

- PENGARUH sIgA YANG BERKURANG DALAM AIRMATA**
- Mikro-organisme sangat mungkin melekat pada mata dan tumbuh
 - Toksin kurang cepat dinetralisir
 - PMNs kurang mampu terhadap fagositosa
- 98650-66S.PPT
- 

6L598650-62

68

- PENGARUH PEMAKAIAN LK PADA PERTAHANAN HOST**
- Merubah fungsi normal dari epitel (tergantung Dk/t)
 - Mengurangi jumlah PMN (tergantung tipe lensa?)
 - sIgA berkurang
- 98650-67S.PPT
- 

6L598650-63

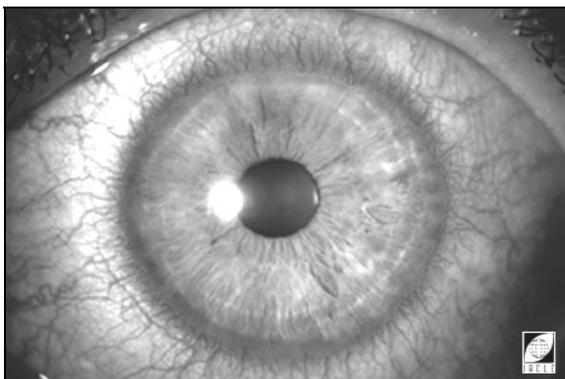
Pemakaian Lensa Kontak dan Mekanisme Pertahanan Mata

Pemakaian lensa kontak **tidak**:

- Merubah konsentrasi lisosom, lactoferrin atau musin.
- Menyebabkan gerakan tambahan yang banyak.
- Mempengaruhi tingkat metabolisme asam cytokine and arachidonic.

Tidak ada bukti bahwa selama pemakaian, pemakai lensa kontak yang mengalami respon seperti mata merah akut akibat pemakaian lensa kontak (CLARE) mempunyai kelemahan dalam sistim pertahanan host.

69



7L90135-91

Banyak respon terhadap kondisi mata adalah akibat dari kolonisasi bakteri dari lensa dan inflamasi pada host.

70

KOMPONEN INFLAMASI DALAM CLARE

Komponen inflamasi	Refleks airmata rata/ml	Airmata CLARE rata/ml
C3	4.0µg	4.3µg
Faktor B	0.1µg	0.3µg
IL-6	75pg	116pg
IL-8	0.5ng	2.7ng*
LTB ₄	250pg	636pg*

N = 6
*p < 0.05

98650-68S.PPT 

6L598650-64

Komponen Inflamasi pada CLARE

Selama CLARE, tingkat IL-8 dan LTB₄ di airmata bertambah (Thakur and Willcox 1998). Dan bahan ini menarik PMNs ke dalam selaput airmata dan stroma, sehingga menghasilkan infiltrat kornea yang mempunyai hubungan dengan kondisi ini.

Tidak ada bukti tambahan gerakan pada CLARE. Dan juga tidak ada perbedaan signifikan dalam jumlah PMNs dan sel epitel dalam airmata. Hal ini mungkin disebabkan oleh refleks pengeluaran airmata yang tinggi akibat kondisi ini.

Akan tetapi, jumlah PMNs yang bertambah terlihat dalam stroma kornea pada kondisi CLARE.

71

PENGARUH CLARE TERHADAP TINGKAT PMN DALAM AIRMATA Holden et al., 1996

	Median CLARE	Median normal
Jumlah PMN	4	4
Jumlah sel epitel	28	15

N = 12

98650-69S.PPT 

6L598650-65

72

KOMPONEN INFLAMASI PADA CLPU

Komponen inflamasi	Refleks airmata rata/ml	Airmata CLPU rata/ml
C3	4.0µg	3.7µg
Faktor B	0.1µg	0.1µg
IL-6	75pg	62pg
IL-8	0.5ng	0.8ng
LTB ₄	250pg	1271pg*

N = 8
*p < 0.05

98650-70S.PPT 

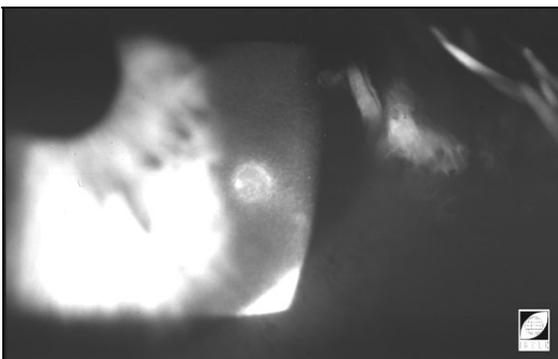
6L598650-66

Komponen Inflamasi pada CLPU

Pada kondisi yang mengakibatkan Contact Lens-induced Peripheral Ulcer (CLPU) (slide 73) terjadi tingkat LTB₄, yang bertambah dan indikasinya adalah tarikan – kemo utama selama inflamasi akut ini (Thakur and Willcox 1998).

Tidak ada bukti adanya gerakan tambahan atau penambahan interleukins pada CLPU.

73



6L5591-97

74

**TINGKAT IMMUNOGLOBULIN
AIRMATA PADA GPC**

Immunoglobulin	GPC:Normal	% Plasma Protein
IgA	1	—
IgG	2	↑
IgM	>5	↑↑
IgE	3	↑↑↑

Donshik et al., 1983; Barishak et al., 1984

96650-72S.PPT



6L598650-68

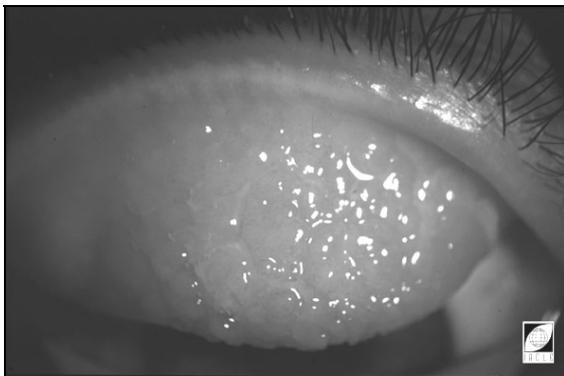
Tingkat Immunoglobulin pada Giant Papillary Conjunctivitis

Giant papillary conjunctivitis (GPC) (slide 75) mempunyai ciri kedua respon Tipe I ,yaitu IgE-dengan hipersensitifitas sedang dan Tipe IV reaksi tertunda.

Respon Tipe I (hipersensitifitas sedang) ditentukan oleh IgE spesifik yang berhubungan dengan sel mast dalam konjungtiva. Akan tetapi, sifat dasar antigen spesifik belum begitu jelas.

Reaksi inflamasi yang tertunda ditentukan oleh lymphocytes yang bereaksi dengan antigen untuk melepaskan lymphokines, dan akibatnya inflamasi dan kerusakan jaringan.

75



6L52554-93

76

**PERUBAHAN PROTEIN DARI
PERTAHANAN NON-SPESTIFIK
PADA GPC**

Protein	GPC:Normal	% Plasma Protein
Laktoferrin	0.6	—
Lisosom	1.1	—
C3	3.8	↑↑↑
Faktor B	3.5	↑↑↑

Ballow et al., 1987; Rapacz et al., 1988; Ballow et al., 1985

96650-73S.PPT



6L598650-69

Protein Air mata Non-spesifik pada GPC

Studi menunjukkan konsentrasi lactoferrin dalam secret air mata sedikit berkurang sedangkan konsentrasi lisosom tidak berubah pada kondisi GPC.

Penambahan signifikan dalam konsentrasi protein C3 dan Faktor B, yang mengatur perberakan tambahan telah didemonstrasikan.

77

**SEL DARAH PUTIH YANG
TERLIHAT PADA KONJUNGTTVA
SELAMA GPC**

- Bertambah:
 - granulosit
 - sel mast
 - eosinofil
 - basofil

Allansmith et al., 1977

96650-74S.PPT



6L598650-70

Sel Darah Merah dan and GPC

Infiltrasi sellular epitel dengan sel mast, eosinofil dan basofil, dll. sering terlihat pada GPC.

Adanya infiltrat dalam daerah abnormal jaringan konjungtiva menunjukkan apparatus imun yang terganggu dalam kondisi ini.

IV Rangkuman

78

**PERUBAHAN SELAMA PEMAKAIAN
LENSA KONTAK**

- Berkurang:
 - PMNs
 - sIgA

98650-76S.PPT



6L598650-73

Rangkuman: Perubahan dalam Pemakaian Lensa Kontak

79

**PERUBAHAN SELAMA RESPON
AKIBAT LENS KONTAK**

- Bertambah:
 - IL-8 (CLARE)
 - LTB₄ (CLARE, CLPU)
 - PMNs (CLARE, CLPU, CLPC)
 - IgE, IgG, IgM (CLPC)
 - Sel mast, eosinofil, basofil (CLPC)

98650-76S.PPT



6L598650-74

Rangkuman: Perubahan dalam Kondisi Respon Akibat Lensa Kontak (Contact Lens-Induced Adverse Responses)

Kepustakaan

- Allansmith AR *et al.* (1977). *Giant papillary conjunctivitis in contact lens wearers*. Am J Ophthalmol. 83: 697-708.
- Ballow M *et al.* (1985). *Complement proteins and C3 anaphylatoxin in the tears of patients with conjunctivitis*. Allergy Clin Immunol. 76: 473-476.
- Ballow M *et al.* (1987). *Tear lactoferrin levels in patients with external inflammatory ocular disease*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 28: 543-545.
- Barishak Y *et al.* (1984). *An immunological study of papillary conjunctivitis due to contact lens wear*. Curr Eye Res. 3: 1161-1168.
- Donshik PC, Ballow M (1983). *Tear immunoglobulins in giant papillary conjunctivitis induced by contact lenses*. Am J Ophthalmol. 96: 460-466.
- Hart DE *et al.* (1989). *Contact lens induced giant papillary conjunctivitis: A retrospective study*. J Am Optom Assoc. 60: 195-204.
- Holden BA *et al.* (1996). *Gram negative bacteria can induce a contact lens related acute red eye (CLARE)*. CLAO J. 22: 47-52.
- Janeway CA, Travers P (1997). *Immunology - The Immune System in Health and Disease*. 3rd ed. Garland Publishing Inc., New York.
- Pearce D *et al.* (1999). *Secretory IgA epitopes in basal tears of extended-wear soft contact lens wearers and non-lens wearers*. Aust NZ J Ophthalmol. 27: 221-223.
- Qu X-D, Lehrer RI (1998). *Secretory phospholipase A₂ is the principal bactericide for staphylococci and other Gram-positive bacteria in human tears*. Infect Immun. 66: 2791-2791.
- Rapacz P *et al.* (1988). *Tear lysozyme and lactoferrin levels in giant papillary conjunctivitis and vernal conjunctivitis*. CLAO J. 14: 207-209.
- Sack RA *et al.* (1992). *Diurnal cycle: Evidence for a nocturnal inflammatory constitutive tear fluid*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 33: 626-640.
- Sack RA *et al.* (1993). *Vitronectin - possible contribution to the closed-eye external host-defence mechanism*. Ocular Immunol Inflamm. 1: 327-336.
- Sitaramamma T *et al.* (1997). *Homeostatic Mechanisms That Operate in the Tear Film During Eye Closure - Identification of Tear Borne Complement Regulators*. In: Husband AJ *et al.* (Eds.), *Mucosal Solutions: Advances in Mucosal Immunology*. Vol 1. University of Sydney. In press.
- Stapleton F *et al.* (1997). *Ocular microbiota and polymorphonuclear leucocyte recruitment during overnight contact lens wear*. Aust NZ J Ophthalmol. 25: s33-s35.
- Sullivan DA (1994). *Ocular Mucosal Immunity*. In: Orga PL *et al.* (Eds), *Handbook of Mucosal Immunology*. Academic Press Inc., San Diego.
- Tan KO *et al.* (1993). *Temporal sequence of changes in tear film composition during sleep*. Curr Eye Res. 12: 1001-1007.
- Thakur A, Willcox MDP (1998). *Chemotactic activity of tears and bacteria isolated during adverse responses*. Exp Eye Res. 66: 129-137.
- Thakur A *et al.* (1998). *The proinflammatory cytokines and arachidonic acid metabolites in human overnight tears: homeostatic mechanisms*. J Clin Immunol. 18: 61-70.
- Willcox MDP *et al.* (1997). *Complement and complement regulatory proteins in human tears*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 38: 1-8.