



UNIVERSITAS INDONESIA

14-jan-2016

**PERBANDINGAN TEKANAN BOLA MATA HASIL PENGUKURAN
TONOMETRI DIFERENSIAL DENGAN
TONOMETRI APLANASI GOLDMANN**

**ERNITA TANTAWI
118301194**

**FAKULTAS PASCASARJANA
1987**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN TEKANAN BOLA MATA HASIL PENGUKURAN
TONOMETRI DIFERENSIAL DENGAN
TONOMETRI APLANASI GOLDMANN**

**LAPORAN PENELITIAN INI DIAJUKAN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT UNTUK MENCAPAI SEBUTAN
SPESIALIS I
ILMU PENYAKIT MATA**

ERNITA TANTAWI

118301194

**FAKULTAS PASCASARJANA
1987**

PENELITIAN INI DIKERJAKAN DI BAGIAN ILMU PENYAKIT MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS INDONESIA
JAKARTA.

Pembimbing :



Dr. Edi Supiandi Affandi

KATA PENGANTAR

Makalah ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan keahlian di bidang Ilmu Penyakit Mata Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah S.W.T. atas rahmat-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan tugas yang terakhir sebagai peserta Program Pendidikan Dokter Spesialis I di Bagian Ilmu Penyakit Mata Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada Prof. S.M. Akmam, Kepala Bagian Ilmu Penyakit Mata Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia/Rumah Sakit Dr. Cipto Mangunkusumo, yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti pendidikan keahlian di bidang Ilmu Penyakit Mata, serta fasilitas-fasilitas, bimbingan, nasehat dan pengetahuan kepada penulis.

Kepada Dr. Edi S. Affandi, penulis ucapkan banyak terima kasih atas bimbingan, petunjuk dan nasihat beliau yang dalam kesibukan kerjanya sehari-hari masih bersedia menyediakan waktu untuk memeriksa dan mengoreksi kertas kerja penelitian ini. Juga kepada Dr. Mardionao Marsetio, sebagai Koordinator Penelitian di Bagian Ilmu Penyakit Mata dan sebagai Ketua Harian Panitia Pengembangan Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang

telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengetahuan selama pendidikan dan dalam rangka terlaksananya penelitian ini.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada :

- Dr. Djoko Sarwono sebagai Koordinator Pendidikan yang telah banyak memberikan petunjuk, bimbingan yang sangat berharga selama penulis mengikuti pendidikan.
- Dr. Sidarta Ilyas sebagai Koordinator Pelayanan Masyarakat yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, dorongan, bimbingan dan pengarahan selama penulis menjalani pendidikan.
- Dr. Srinagar M. Ardjo sebagai Koordinator Administrasi/Keuangan yang telah memberikan bimbingan dan perhatiannya.
- Dr. Sumedi M.P.H, Staf Bagian Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, atas bantuannya dalam penyelesaian perhitungan statistik.
- Panitia Etik Penelitian Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang telah membantu pelaksanaan penelitian.
- Para Kepala Sub Bagian dan para staf pengajar atas bimbingan dan pengetahuan yang diberikan selama pendidikan.

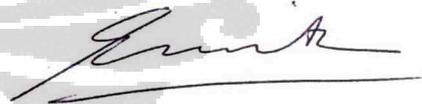
- Para sejawat calon ahli mata, semua tenaga paramedis, refraksionis dan administrasi Bagian Ilmu Penyakit Mata F.K.U.I./R.S.C.M. atas kerja sama yang baik.
- Kedua orang tua penulis, suami dan anak-anak tercinta, atas pengorbanan, perhatian serta pengertian yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa kertas kerja ini jauh dari sempurna, namun besar harapan penulis agar tulisan ini bermanfaat adanya.

Semoga Allah S.W.T. memberikan taufik dan hidayah Nya bagi kita semua.
Amin ya Robbal Alamin.

Jakarta, Desember 1986

Penulis,



(Ernita Tantawi)

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	4
A. Fisiologi Tekanan Bola Mata	4
B. Pengukuran Tekanan Bola Mata	6
1. Tonometri Schiötz	7
2. Tonometri Aplanasi Goldmann	13
BAB III. BAHAN DAN CARA KERJA	22
BAB IV. HASIL PENELITIAN	26
BAB V. PENBICARAAN	33
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	38
RINGKASAN	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47

BAB I

PENDAHULUAN

Tekanan bola mata merupakan salah satu parameter dinamika cairan akuos. Pengukuran tekanan bola mata merupakan salah satu cara untuk mengetahui fungsi mata. Pengukuran yang tepat akan memberikan gambaran fungsi mata yang lebih baik (1, 9, 12, 20). Dua alat yang paling sering dipakai di klinik untuk mengukur tekanan bola mata yaitu tonometer Schiottz dan tonometer aplanasi Goldmann.

Tonometer Schiottz dengan berat yang berarti (16,5 gram), akan menggeser cairan akuos sebanyak 7 - 14 milimeter kubik sehingga menyebabkan kenaikan tekanan bola mata dengan nyata. Untuk memperoleh tekanan bola mata yang sebenarnya, harus dilihat pada tabel konversi (14, 15). Tonometri Schiottz dilakukan dengan posisi pasien setengah duduk atau dengan posisi pasien tidur. Bila kekakuan dinding bola mata dalam batas normal, tonometri Schiottz dapat diharapkan memberikan hasil tekanan bola mata dalam batas-batas standar ketelitian.

Sejak Goldmann memperkenalkan tonometer aplanasi pada tahun 1955, dengan cepat alat ini menjadi populer walaupun harganya cukup mahal dan memerlukan slit - lamp khusus. Hal ini disebabkan karena tonometri aplanasi lebih teliti untuk menentukan tekanan bola mata diban-

dingkan dengan tonometri Schiötz. Alat ini tidak dipengaruhi oleh kekakuan dinding bola mata karena dengan prisma yang dipakai hanya menggeser cairan dalam mata sebesar 0,5 milimeter kubik, sehingga tidak terjadi pengembangan sklera yang berarti (12, 17). Tonometri aplanasi Goldmann dilakukan dengan posisi pasien duduk.

Ternyata sering terdapat perbedaan tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri Schiötz dengan satu beban dengan tonometri aplanasi Goldmann. Bahkan kadang-kadang berbeda bermakna secara klinis.

Walaupun demikian tonometri Schiötz masih dipakai secara luas untuk pemeriksaan tonometri secara rutin, karena praktis, sederhana, murah dan dapat dipakai untuk pemeriksaan masal. Banyak peneliti mencoba membandingkan kedua alat ini serta mencari di mana letak kelemahan tonometri Schiötz dengan satu beban (4, 5, 6, 7, 18, 25, 26). Friedenwald menganjurkan pemakaian tonometri Schiötz dengan dua beban berbeda untuk mata dengan kekakuan dinding bola mata yang tidak normal. Dengan demikian faktor kekakuan dinding bola mata dan tekanan intrakuler yang mendekati kebenaran dapat dihitung melalui nomogram Friedenwald. Teknik ini disebut tonometri diferensial. (14).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tekanan bola mata pada pria Indonesia usia 40 - 60 tahun

hasil pengukuran : (1) tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dengan tonometri aplanasi Goldmann, (2) tonometri diferensial posisi responden tidur dengan tonometri aplanasi Goldmann, (3) tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring. Dengan demikian akan diperoleh cara pengukuran tekanan bola mata yang mendekati kebenaran untuk responden pada penelitian ini.

Akan dibuktikan hipotesa bahwa hasil pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial tidak berbeda bermakna dengan tonometri aplanasi Goldmann.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

A. Fisiologi Tekanan Bola Mata

Tekanan bola mata berperanan dalam menjaga agar bola mata berada dalam bentuknya sehingga dapat berfungsi sebagai alat optik. Hal ini dijaga oleh keseimbangan antara tenaga pompa cairan ke dalam mata dan hal-hal yang cenderung untuk menghalangi cairan ke luar bola mata (9, 12, 19, 20).

Tenaga pompa cairan ke dalam mata adalah suatu kombinasi dari ultrafiltrasi cairan dari kapiler-kapiler badan siliar karena tekanan hidrostatik dan pemindahan cairan ke dalam bilik mata belakang oleh transportasi aktif dari ion-ion sodium dan aliran air karena osmotik. Sekresi cairan akuos normal berkisar antara 1,5 - 2 mikroliter/menit. (9, 12, 19).

Pengeluaran cairan akuos dari bola mata tergantung dari besarnya rintangan oleh saluran-saluran ke luarnya pada sudut bilik mata depan terhadap pengeluaran cairan akuos, dan dari tekanan vena - vena episklera ke dalam mana saluran-saluran ini berakhir.

Perubahan tekanan bola mata dapat pula terjadi oleh karena penambahan tekanan dari luar terhadap bola mata atau karena perubahan volume bola mata.

Penekanan dari luar akan merubah bentuk bola mata dan menyebabkan lapisan bola mata meregang dengan volume yang sama, tetapi dengan luas permukaan yang lebih besar seperti indentasi dengan tonometer Schiotz. (9, 20). *AmLEK*

Tekanan bola mata bervariasi dari waktu ke waktu. Biasanya tinggi pada siang hari terutama pagi hari dan rendah pada waktu malam hari. *AmLEK*

Tekanan bola mata berkisar antara 10 - 21 milimeter air raksa, rata-rata berkisar antara 15 - 16 milimeter air raksa. (9, 12, 19, 20).

Penelitian di negara Barat membuktikan bahwa rata-rata tekanan bola mata meningkat sesudah usia 40 tahun dan sedikit lebih tinggi pada wanita dibandingkan dengan pria. Pula meninggi bila tekanan darah sistolik meningkat. (3, 19). *AmLEK*

Sebaliknya peneliti lain dari Jepang mendapatkan hasil yang berbeda yaitu tekanan bola mata menurun sesudah usia 40 tahun, terutama pada pria dibandingkan dengan wanita. Diduga tekanan bola mata secara fisiologis dijaga oleh keseimbangan antara faktor-faktor yang menurunkan tekanan bola mata yaitu usia, dan faktor-faktor yang menaikkan tekanan bola mata yaitu obesitas dan hipertensi sistolik. (23, 24). Hipertensi sistolik meningkatkan tekanan vena epis-

klera dan ultrafiltrasi cairan akuosa. Obesitas menyebabkan tekanan dalam orbita dan tekanan vena epis-klera meningkat sehingga out-flow berkurang. Pada usia lanjut aktifitas enzim epitel siliaris menurun dan terjadi angiosklerosis yang menyebabkan fibrosis stro-ma epitel siliaris sehingga ultrafiltrasi berkurang dan tekanan bola mata menurun.

B. Pengukuran Tekanan Bola Mata

Pengukuran tekanan bola mata dapat dilakukan dengan alat atau tanpa mempergunakan alat. Mengukur tekanan bola mata tanpa mempergunakan alat, yang dikenal sebagai palpasi atau digital, memberikan hasil yang paling kasar, dan memerlukan banyak pengalaman untuk dapat memperkirakan keadaan dengan tepat.

Mengukur tekanan bola mata dengan alat, dapat diukur secara langsung, dengan kanulasi ke bilik mata depan yang dihubungkan dengan manometer; atau secara tak langsung, melalui kornea dengan alat tonometer. Kornea dipilih oleh karena lebih elastis dan homogen.

Walaupun pengukuran tekanan bola mata dengan manometer lebih menunjukkan "tekanan intraokuler", sedangkan dengan tonometer lebih menunjukkan "ocular tension", tetapi karena praktis untuk tujuan klinis, cara ini menyingkirkan cara kanulasi mata. Alat tonometer dibagi dua, yaitu yang mendatarkan permukaan

kornea dan yang menimbulkan indentasi pada kornea.
(9, 12, 19, 20).

Tegangan dari dinding bola mata dihitung dengan mengukur indentasi atau pendataran yang ditimbulkan oleh beban pada kornea. Karena tekanan bola mata menjaga kornea dan sklera dalam ketegangan tertentu maka tekanan bola mata dapat dinilai. Tonometer yang paling banyak dipakai di klinik adalah tonometer indentasi Schiottz dan tonometer aplanasi Goldmann.

1. Tonometri Schiottz.

Tonometer Schiottz merupakan alat yang sudah tua namun masih dipakai secara luas. Terdiri dari 3 bagian yaitu bagian footplate, plunger dan handle.

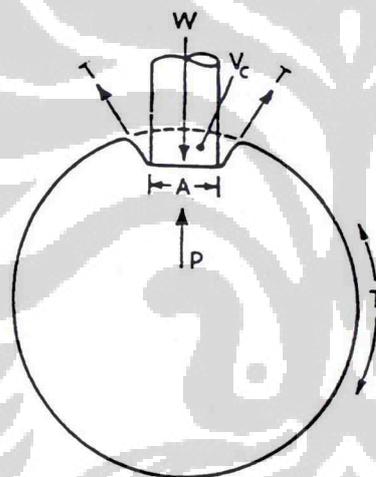
Pengukuran tekanan bola mata dengan alat ini dilakukan dengan meletakkan alat pada kornea dan mengukur dalamnya indentasi kornea oleh plunger yang diberi beban tertentu.

Dasar kerjanya : Benda yang ditaruh pada kornea akan menekan kornea ke dalam dan mendapat perlawanan tekanan dari dalam melalui kornea. (gambar 1).

Keseimbangan tekanan tergantung dari beban tonometer. Dalamnya indentasi menunjukkan sejauh mana bola mata dapat ditekan, dan ini tergantung dari tekanan hidrolik cairan dalam bola mata serta rin-

tangan sklera terhadap regangan atau perubahan bentuk. Beban akan memberikan indentasi lebih dalam pada tekanan bola mata yang lebih rendah dibandingkan dengan tekanan yang tinggi. Skala tonometer Schiøtz dikalibrasi sedemikian rupa sehingga menunjukkan 0,05 milimeter penonjolan plunger.

Gambar 1. Dasar kerja tonometri Schiøtz.



W = berat tonometer.

A = bagian kornea yang diindentasi.

V_c = volume yang digeser.

T = daya regang dinding bola mata.

P = tekanan bola mata.

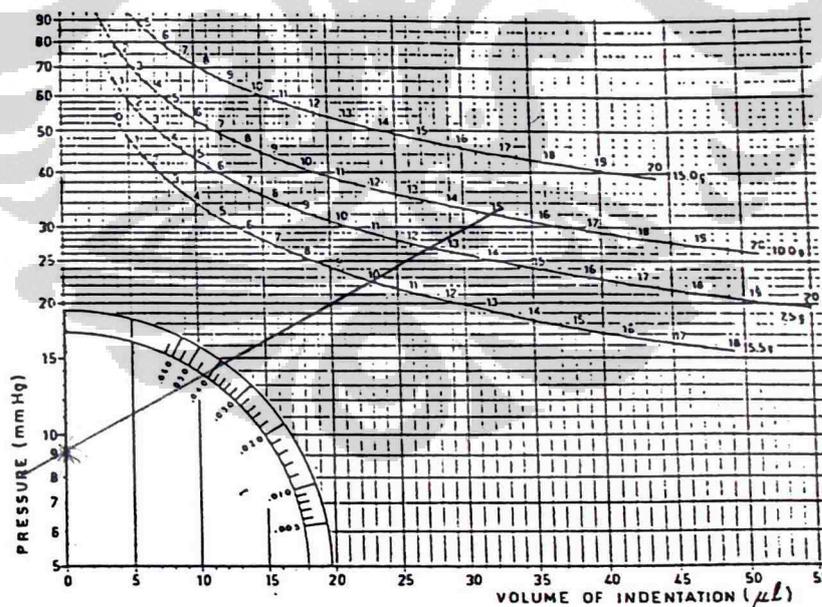
(dikutip dari : Duke-Elder : System of Ophthalmology Vol. VII).

Tonometri Schiötz diliputi oleh beberapa sumber kesalahan. Yang paling nyata yaitu perbedaan antara alat dari pabrik yang berbeda. Kekurangan ini diatasi dengan melakukan peneraan. Kesulitan kedua ialah dari berat alat sendiri (16,5 gram) yang mana bila diletakkan pada bola mata dapat menaikkan tekanan sebesar 50% sampai 100% dari nilai semula. Karena itu alat ini harus dikalibrasi untuk menghubungkan nilai P_t terhadap nilai P_o . (P_t = tekanan bola mata setelah diberi beban; P_o = tekanan bola mata sebelum diberi beban).

Pengalaman membuktikan bahwa hasil pengukuran banyak berbeda, bila tonometri dilakukan dengan beban yang berlainan pada satu mata. Friedenwald mengemukakan penyebab hal tersebut adalah adanya kekakuan dinding bola mata, E , yang memberikan reaksi terhadap perubahan volume bola mata, V_t , akibat berat tonometer. Perubahan volume mana bergantung kepada berat beban dan tingginya tekanan bola mata. Selanjutnya didapat rumus matematik yang menyatakan nilai E merupakan fungsi logaritma perubahan tekanan bola mata, P_o ke P_t , akibat perubahan volume, V_t ; atau $E = \frac{\log P_t - \log P_o}{V_t}$ sehingga didapat tabel konversi baru, dengan menggunakan nilai rata-rata E sebesar 0,0215 dan nilai

rata-rata kurvatura kornea sebesar 7,8 milimeter. Dengan tabel konversi yang memperhitungkan adanya kekakuan dinding bola mata ini, penyimpangan dapat diperkecil.

Tetapi untuk mata dengan kekakuan dinding bola mata E yang abnormal hasil tonometri masih perlu dikoreksi. Dengan melakukan tonometri diferensial yaitu tonometri Schiottz dengan menggunakan 2 beban yang berbeda pada mata yang sama, lalu dilihat pada nomogram Friedenwald, nilai tekanan bola mata yang mendekati kebenaran dapat ditentukan.



gambar 2. Nomogram Friedenwald.

(dikutip dari : Kolker, A.E.; Hetherington, J. : Becker-Shaeffer's Diagnosis and therapi of the glaucomas. Fourth edition 1976).

Tehnik tonometri Schiötz.

Penderita berbaring telentang atau setengah duduk, dengan dagu dan dahi dalam satu bidang horizontal sehingga kornea dalam posisi horizontal. Kedua mata ditetesi anestesi lokal. Tonometer ditera dengan tes blok yang bila baik, jarum menunjukkan angka skala nol. Plunger bergerak bebas dalam silinder. Pada pemeriksaan pertama dipilih beban terkecil 5,5 gram. Lalu footplate didesinfeksi dengan alkohol 70%. Kedua mata difiksasi dengan melihat lurus ke atas, tonometer dipegang vertikal beberapa saat sedikit di atas dan tepat ditengah kornea. Sebelumnya kelopak mata penderita dibuka secukupnya tanpa menekan bola mata.

Setelah mata penderita dapat menyesuaikan diri, tonometer diturunkan pelan-pelan sampai foot plate menyentuh kornea. Bersamaan dengan ini handle diturunkan sampai di tengah silinder. Angka pada skala yang ditunjuk jarum dicatat, tonometer diangkat dari kornea.

Faktor kesalahan dalam tehnik tonometri Schiötz.

1. Faktor alat.

Penggunaan alat yang tidak ditera, rusak atau kotor sehingga plunger tidak bergerak bebas atau

karena pemakaian alat yang tidak tepat (miring atau menekan bola mata).

2. Kontraksi otot-otot ekstraokuler.

Kontraksi beberapa otot ekstraokuler sering terjadi bila tonometer didekatkan pada mata dan pasien memperhatikannya. Secara artificial akan menaikkan tekanan bola mata, terutama ini terjadi pada pasien yang ketakutan. Sedangkan akomodasi mempunyai pengaruh sebaliknya. Kontraksi otot-otot siliaris menaikkan daya pengeluaran cairan akuos dalam bilik mata depan dan menurunkan tekanan bola mata. Karena itu pasien harus berfiksasi pada objek yang jauh.

3. Kekakuan dinding bola mata.

Bila tonometer diletakkan pada kornea akan menimbulkan indentasi kornea dan pergerakan cairan dalam bola mata yang akan mengembungkan dinding bola mata. Kejadian ini akan menaikkan tekanan bola mata dari nilai semula ke nilai tertentu. Kekuatan regangan ini bervariasi dengan elastisitas korneoklera. Rintangan terhadap pengembangan dinding bola mata disebut kekakuan dinding bola mata. Karena pada tonometri indentasi Schiotz terjadi pergerakan cairan akuos

sebanyak 7 - 14 milimeter kubik, maka kekakuan dinding bola mata memegang peranan dalam perhitungan tekanan bola mata.

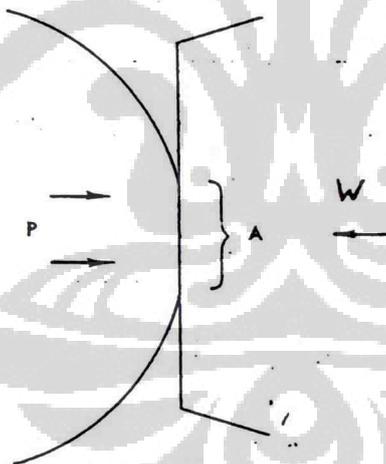
4. Variasi volume bola mata.

Diperlihatkan secara matematik bahwa tegangan dinding bola mata terhadap tekanan bervariasi sesuai dengan kurvatura radius bola mata. Untuk pembacaan yang tepat secara teori perlu pengukuran kurvatura kornea pada tiap-tiap kasus dengan keratometer. Ternyata karena hanya beberapa mata yang nyata berbeda, dalam hal ini kesalahan yang bermakna tidak terjadi. Kecuali pada kasus-kasus mikroftalmus, buftalmus dan myopia yang sangat tinggi. Terhadap kasus-kasus ini Friedenwald membuat tabel kalibrasi Schiotz untuk kornea dengan kurvatura yang abnormal.

2. Tonometri aplanasi Goldmann.

Dasar tonometri aplanasi ialah hukum Imbert dan Fick yang mengatakan bahwa tekanan pada bola yang terbuat dari selaput lunak yang sangat tipis dan berisi cairan, dapat diukur dengan mengetahui besar tekanan yang diperlukan untuk mendatarkan selaput tersebut dalam satu bidang rata. Caranya

yaitu dengan menempelkan bola yang volumenya sama besar sehingga terdapat daerah persinggungan di antara keduanya. Bila tekanan pada kedua bola sama, maka daerah yang bersinggungan ini akan merupakan permukaan yang rata. Hal yang sama juga berlaku bila suatu permukaan rata yang kaku diletakkan pada bola dengan tenaga yang cukup untuk meratakan permukaannya. Pada keadaan ini, bila W adalah besarnya tenaga dan A adalah luas bagian yang didatarkan, maka P akan sama dengan W/A . Prinsip ini dipakai untuk tonometri aplanasi. (gambar 3).

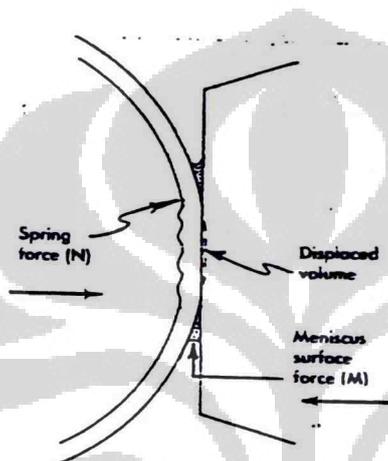


Gambar 3.

(dikutip dari : Moses, R.A.; Adler's Physiology of the eye).

Tetapi ada 3 penyulit yaitu kornea bersifat elastis dan diliputi oleh "tear film" yang mempunyai

pengaruh tekanan (surface tension), serta terjadi penggeseran cairan akuos pada waktu pendaftaran sebagian kornea. (gambar 4).



Gambar 4.

(dikutip dari : Moses, R.A.; Adler's Physiology of the eye).

Hal yang terakhir dapat disamakan dengan memasukkan sejumlah cairan ke dalam bola mata. Cairan yang digeser tersebut akan mencari ruangan yang selanjutnya meregang dinding bola mata. Tetapi dinding bola mata melawan pengembangan ini sehingga terjadi kenaikan tekanan bola mata. Dua penyulit yang pertama yaitu daya elastisitas kornea dan "surface tension" yang saling berlawanan, akan saling meniadakan bila bagian yang didatarkan mempunyai dia

meter kira-kira 3 milimeter sehingga di sini hukum Imbert dan Fick berlaku. Prinsip ini dipakai Goldmann dalam membuat tonometer aplanasi dan memilih diameter aplanasi 3,06 milimeter. Dengan beban yang terdiri dari sistem optik ganda memakai 2 prisma yang basisnya berlawanan, tenaga yang diperlukan untuk mendatarkan kornea dengan diameter 3,06 milimeter dapat diukur.

Penyulit yang ketiga yaitu terjadinya penggeseran cairan dalam mata. Perubahan volume ini relatif kecil yaitu 0,5 milimeter kubik, sehingga di sini faktor kekakuan dinding bola mata dapat diabaikan.

Untuk tujuan praktisnya nilai P_t dapat disamakan dengan nilai P_o . Dengan demikian masalah kalibrasi untuk alat ini dapat diabaikan.

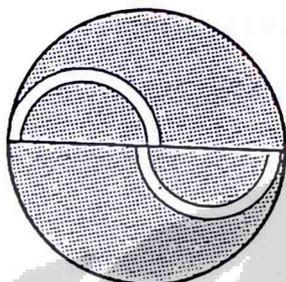
Teknik tonometri aplanasi Goldmann.

Alat dipasang pada slit-lamp ditempat yang disediakan. Prisma tonometer yang bersih, aksisnya dipasang sesuai dengan salah satu aksis okuler slit-lamp menurut mata yang dominan. Sumber cahaya dari slit-lamp dipasang membentuk sudut 60° dengan aksis tersebut. Dipakai filter biru dengan diafragma dibuka selebar-lebarnya. Alat pengukur dipasang pada posisi satu.

Penderita yang kedua matanya sudah anestetik, duduk di depan slit-lamp seperti akan dilakukan pemeriksaan biomikroskopi biasa. Kertas fluorescein yang sudah dibasahi garam faal diletakkan pada sakus konyungtiva. Penderita disuruh menutup mata sehingga cairan fluorescein akan merata keseluruhan permukaan kornea. Lalu penderita disuruh melihat lurus ke depan. Dagunya dan dahinya penderita harus berada dalam satu bidang vertikal.

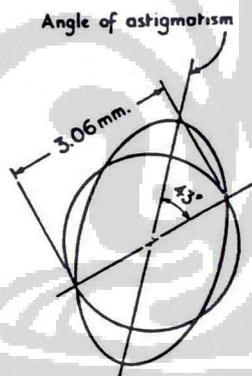
Dengan menggerakkan slit-lamp ke depan, prisma diarahkan ke bagian sentral kornea lalu kornea disentuh, garis pemisah prisma harus terletak horizontal. Prisma tidak boleh menyentuh pinggir palpebra. Saat ini akan didapat dua buah setengah lingkaran yang harus simetris terletak di atas dan di bawah garis pemisah. Kedua buah setengah lingkaran tersebut diatur dengan memutar alat pengukur sehingga membentuk huruf S terbalik sampai kedua ujung lingkaran sebelah dalam bersentuhan. (gambar 5).

Pada astigmat yang tinggi, ditandai dengan lingkaran fluorescein yang lonjong waktu pemeriksaan, dikoreksi dengan memutar prisma sampai garis pemisahannya membentuk sudut 43° dengan aksis astigmat terbesar. (gambar 6).



Gambar 5.

(dikutip dari : Becker-Shaeffer's, Diagnosis and therapi of the glaucomas).



Gambar 6.

(dikutip dari : Duke-Elder System of Ophthalmology Volume VII).

Kesalahan dalam tehnik tonometri aplanasi Goldmann

Sebagian besar disebabkan oleh tehnik yang buruk dan pemeriksa tidak cukup berpengalaman. Ke-

salahan juga terjadi bila kelopak mata penderita menyentuh prisma, permukaan kornea yang tidak teratur karena edema atau jaringan parut dan konsentrasi fluorescein yang tidak cukup dalam air mata.

Pada prinsipnya dua jenis tonometer yang berbeda, bila konstruksi dan kalibrasinya sempurna akan memberikan nilai P_0 yang sama untuk mata yang sama. Tetapi kenyataannya hal ini tidak terjadi walaupun alat telah ditera. Tonometri Schiötz dengan satu beban dan tonometri aplanasi Goldmann acapkali menunjukkan fenomena "disparitas aplanasi - Schiötz".

Ditinjau dari konstruksi alat, penyebab utama ketidak sesuaian ini seharusnya terletak pada faktor kalibrasi. Karena konstruksi dan kalibrasi tonometer aplanasi Goldmann tidak dapat diganggu gugat lagi, satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap fenomena ini adalah kalibrasi tonometri Schiötz.

Salah satu cara kalibrasi tonometri Schiötz yang sudah distandarisasi adalah kalibrasi Friedenwald yang memakai nilai volumetrik untuk kalibrasinya. Dalam memperbaiki tabel kalibrasi 1954, Friedenwald mengemukakan bahwa untuk beban 5,5 gr. tidak terdapat kesalahan. (15). Tabel kalibrasi Friedenwald yang dipakai sekarang yaitu tabel kalibrasi 1955 yang di-

susun berdasar nilai kekakuan dinding bola mata rata-rata mata normal 0,0215 dan kurvatura kornea 7,8 mili meter. Nilai ini dianggap konstan untuk setiap tekanan bola mata. Nilai kekakuan dinding bola mata yang tidak normal mengharuskan koreksi terhadap pembacaan tekanan bola mata.

Armaly membuktikan bahwa nilai kekuatan dinding bola mata tidak konstan untuk setiap tekanan. Dalam menilai konsistensi tabel kalibrasi 1955 untuk berbagai beban, dikatakan terdapat perbedaan yang bermakna antara kalibrasi beban 5,5 gr., 7,5 gr., dan 10 gr. Beban yang berat memberikan perkiraan tekanan bola mata yang lebih tinggi. Perbedaan ini ada hubungannya dengan usia dan jenis kelamin. Distribusi koefisien kekakuan dinding bola mata pada berbagai usia merupakan para bola dan mencapai maksimal pada usia 40 - 55 tahun. (1, 2).

François dan kawan-kawan tidak memakai nilai volumetrik untuk kalibrasi tetapi memakai tension kalibrasi yang berdasarkan berat intrinsik tonometer. (13).

Karena tonometri Schiötz mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan tonometri Aplanasi Goldmann, beberapa peneliti mencoba menyelidiki cara-cara mengatasi kelemahan ini. Jauh sebelum ada tulisan-tu

lisan tentang perbedaan tonometri Schiottz satu beban dan tonometri aplanasi Goldmann, gejala-gejala ini sudah ditemukan oleh beberapa pengamat. Tetapi mereka tidak mempublikasikan karena menduga hal ini disebabkan oleh kesalahan-kesalahan yang mereka perbuat.

Abraham, pada studi perbandingan antara tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri Schiottz satu beban, mengatakan bahwa tekanan bola mata yang dihitung dengan kedua cara ini hampir sama. (4).

Jackson menganjurkan memakai "range" dari pada tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri Schiottz satu beban, walaupun pada mata dengan kekakuan dinding bola mata rata-rata. (18).

Peneliti-peneliti lain memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri Schiottz satu beban dengan tonometri aplanasi Goldmann. Sehingga kegunaan tonometer Schiottz untuk mencari kasus-kasus glaukoma diragukan. (5, 7, 25, 26). Penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ketepatan pembacaan tonometri Schiottz, menunjukkan bahwa untuk penyelidikan pada orang-orang berusia sekitar 60, manfaat tonometer Schiottz diragukan. (6).

BAB III

BAHAN DAN CARA KERJA

a. Tempat penelitian.

Dilakukan di poliklinik Bagian Ilmu Penyakit Mata FKUI/RSCM Jakarta, dari bulan Nopember sampai dengan Desember 1986; pagi hari.

b. Variabel dalam penelitian.

- Tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann.
- Tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri diferensial posisi pasien setengah duduk.
- Tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri diferensial posisi pasien terlentang.

c. Ukuran yang dipakai.

Tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial dalam milimeter air raksa.

d. Jenis subjek.

Subjek yang dipakai pada penelitian ini ialah mereka yang memenuhi kriteria sebagai berikut.

1. Penderita berumur 40 - 60 tahun, berat badan 50 - 60 kg, bangsa Indonesia dan jenis kelamin laki-laki.

2. Keadaan umum baik, tidak ada penyakit hipertensi dan belum pernah mengalami operasi mata.

3. Pada pemeriksaan oftalmologi :

- kedudukan bola mata baik, posisi primer ortoforia.
- tidak ada peradangan segmen anterior dan segmen posterior.
- tekanan bola mata normal dengan pengukuran tonometri aplanasi Goldmann.

e. Responden.

Jumlah responden sebanyak 50 orang atau 100 mata. Pada tiap-tiap mata dilakukan pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial. Tiap-tiap hari diperiksa kira-kira dua responden.

f. Alat penelitian yang dipakai.

- Optotype Snellen, trial lens lengkap dengan frame.
- Slit-lamp.
- Oftalmoskop.
- Tonometer aplanasi Goldman. (Haag-Streit Bern Swiss made).
- Tonometer Schiötz dengan beban 5,5 gr. dan 10 gr. (Merek Reister Germany).
- Kursi setengah duduk dan tempat tidur untuk pemeriksaan tonometri diferensial.

- Fluorescein strip.
 - Tetracaine tetes mata 0,5%.
 - Aquadest steril untuk membilas sisa fluorescein pada mata setelah pemeriksaan tonometri aplanasi Goldmann.
 - Nomogram Friedenwald.
- g. Keterangan tentang pelaksanaan.

Responden dianamnesa; diperiksa : tajam penglihatan dan dikoreksi bila perlu, kedudukan bola mata, gerakan bola mata, keadaan segmen anterior dan segmen posterior bola mata.

Mula-mula tekanan bola mata, mata kanan lalu mata kiri, diukur dengan tonometri aplanasi Goldmann. Setelah selesai kedua mata dibilas dengan aquadest steril sampai sisa fluorescein menghilang.

Karena perpindahan cairan akuos sewaktu tonometri aplanasi sebanyak 0,5 milimeter kubik sedangkan produksi cairan akuos 2 mikroliter/menit, maka setelah menunggu lima menit dilakukan lagi pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial, dengan beban mula-mula 5,5 gram, karena dengan jarak waktu tersebut, cairan akuos telah kembali seperti semula. Pemeriksaan mula-mula dengan posisi responden setengah duduk. Setelah menunggu 10 menit, di-

ukur lagi tekanan bola mata dengan memberi beban sebesar 10 gram pada tonometer Schiötz. Jarak waktu ini diambil sesuai dengan kepustakaan bahwa cairan dalam mata kembali seperti semula sesudah penekanan pada bola mata setelah waktu 10 menit. (22; 27). Setelah 10 menit dilakukan pemeriksaan yang sama dengan posisi responden terlentang, sebelumnya kedua mata ditetesi kembali dengan tetracaine tetes mata 0,5% sebanyak 1 tetes karena anestesi topikal dengan tetracaine hanya berlangsung 20 menit. (16). Setelah seluruh pemeriksaan selesai kedua mata ditetesi antibiotika tetes mata steril untuk mencegah infeksi sekunder.

h. Penyajian data.

Data-data yang didapat disajikan dalam bentuk tabel.

i. Cara analisa data yang dipakai.

Data dianalisa secara statistik, yaitu dengan tes uji perbedaan antara dua rata-rata, menggunakan "d" tes.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada responden berumur antara 40 - 60 tahun, berat badan 50 - 60 kg, tidak ada riwayat hipertensi dan operasi pada mata, kedudukan dan gerakan bola mata baik, tajam penglihatan normal. Bila ada kelainan dapat dikoreksi, tidak ada katarak segmen anterior dan posterior.

Bila tekanan bola mata dengan pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dalam batas normal, maka dimasukkan untuk penelitian selanjutnya.

Setelah menunggu 5 menit dilakukan pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial pada responden setengah duduk. Mula-mula dengan beban 5 gr. Setelah menunggu 10 menit, diperiksa lagi tekanan bola mata dengan memberi beban 10 gr.

Sepuluh menit kemudian kedua mata ditetesi kembali dengan tetracaine 0,5% 1 tetes dan dilakukan lagi pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diagenis di posisi responden terlentang seperti pada di atas.

Setelah seluruh pemeriksaan selesai kedua mata ditetesi dengan antibiotika tetes mata steril.

Data-data yang didapat, dikumpulkan dalam lampiran.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada responden berumur antara 40 - 60 tahun, berat badan 50 - 60 kg, tidak ada riwayat hipertensi dan operasi pada mata, kedudukan dan gerakan bola mata baik, tajam penglihatan normal atau bila ada kelainan dapat dikoreksi, tidak ada peradangan segmen anterior dan posterior.

Bila tekanan bola mata dengan pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dalam batas normal, responden dimasukkan untuk penelitian selanjutnya.

Setelah menunggu 5 menit dilakukan pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk. Mula-mula dengan beban 5,5 gr. Setelah menunggu 10 menit, diperiksa lagi tekanan bola mata dengan memberi beban 10 gr.

Sepuluh menit kemudian kedua mata ditetesi kembali dengan tetracaine 0,5% 1 tetes dan dilakukan lagi pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial posisi responden terlentang seperti cara di atas.

Setelah seluruh pemeriksaan selesai kedua mata ditetesi dengan antibiotika tetes mata steril.

Data-data yang didapat, dikumpulkan dalam lampir-

an, kemudian dianalisa secara statistik, didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Sebaran responden menurut kelompok umur

Kelompok umur	f	%
40 -	34	34
45 -	18	18
50 -	28	28
55 - 60	20	20
Jumlah :	100	100

Tabel 2. Sebaran responden menurut kelompok visus

Kelompok visus	f	%
emetrop + presb.	30	30
Hyp.rgn + presb. (\leq 2D)	46	46
Myop rgn+ presb. (\leq 2,5D)	8	8
Ast.rgn + presb.	16	16
Jumlah :	100	100

1	2	3	4	5	6	7
18	18	18	23	23	21	21
19	15	15	20	20	19	19
20	12	12	16	15	6	6
21	13	11	17	17	22	22
22	13	13	18	15	13	12
23	14	14	12	12	17	17
24	16	16	20	20	15	15
25	13	12	23	23	20	20
26	16	16	18	18	23	23
27	11	11	15	15	18	18
28	12	13	16	16	13	13
29	14	14	17	17	19	19
30	13	13	18	18	19	19
31	13	13	11	11	17	17
32	12	13	11	11	14	14
33	14	14	20	20	18	18
34	17	17	17	17	20	20
35	16	16	11	11	15	15
36	14	14	18	18	14	14
37	18	18	18	18	20	20
38	14	14	10	10	17	17

1	2	3	4	5	6	7
39	13	13	21	21	18	18
40	14	14	12	12	15	15
41	16	16	13	13	14	14
42	14	14	15	15	12	12
43	14	14	16	16	18	18
44	18	16	15	10	15	19
45	14	14	12	12	17	17
46	16	16	14	12	17	16
47	12	12	17	17	13	13
48	15	15	18	18	20	20
49	12	14	14	17	17	23
50	16	16	14	14	16	16

$$n_1 = 100$$

$$n_2 = 100$$

$$n_3 = 100$$

$$\bar{x}_1 = 14,16$$

$$\bar{x}_2 = 15,80$$

$$\bar{x}_3 = 17,24$$

$$s_1 = 1,81$$

$$s_2 = 3,70$$

$$s_3 = 3,25$$

$$d = \frac{|x_1 - x_2|}{\sqrt{\frac{(s_1)^2}{n_1} + \frac{(s_2)^2}{n_2}}}$$

Kemaknaan hasil pengukuran tekanan bola mata setelah dihitung dengan cara statistik :

- (1). Kemaknaan perbedaan hasil pengukuran tekanan bola mata antara tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk :

$$d = \frac{|14,16 - 15,80|}{\frac{1}{10} \sqrt{(1,81)^2 + (3,70)^2}} = \frac{1,64}{\frac{1}{10} \times 4,1189} = \frac{1,64}{0,41189} = 3,982$$

$$p < 0,001$$

Perbedaan sangat bermakna.

Hipotesa nol ditolak.

- (2). Kemaknaan perbedaan hasil pengukuran tekanan bola mata antara tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden tidur - terlentang.

$$d = \frac{|14,16 - 17,24|}{\frac{1}{10} \sqrt{(1,81)^2 + (3,25)^2}} = \frac{3,08}{0,372} = 8,279$$

$$p < 0,001$$

Perbedaan sangat bermakna.

Hipotesa nol ditolak.

- (3). Kemaknaan perbedaan hasil pengukuran tekanan bola mata antara tonometri diferensial posisi responden

setengah duduk dengan tonometri diferensial posisi responden tidur.

$$d = \frac{|15,80 - 17,24|}{1/10 \sqrt{(3,70)^2 + (3,25)^2}} = \frac{1,44}{0,492} = 2,927.$$

$$p < 0,01$$

Perbedaan bermakna.

Hipotesa nol ditolak.

BAB V

PEMBICARAAN

Berdasarkan analisa statistik, terdapat perbedaan yang sangat bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dan posisi berbaring. Juga terdapat perbedaan yang bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dan tonometri diferensial posisi responden berbaring.

Dari hasil pengukuran tekanan bola mata terhadap 50 responden pria (100 mata) usia 40 - 60 tahun didapat tekanan bola mata rata-rata dengan tonometri aplanasi Goldmann sebesar 14,16 mm Hg dan dengan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk sebesar 15,80 mm Hg; dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring sebesar 17,24 mm Hg. Hal ini sesuai dengan kepustakaan yang menyatakan bahwa tekanan bola mata rata-rata dengan tonometri aplanasi 15,4 (SD \pm 2,5) mm Hg dan dengan tonometri Schiottz rata-rata 16,1 (SD \pm 2,8) mm Hg. (19). Perbedaan posisi setengah duduk dan berbaring dengan tonometri diferensial sebesar 1,44 mm Hg. Dikepustakaan dikatakan perbedaan tekanan bola mata antara posisi duduk dan berbaring sebesar 1 - 2 mm Hg (21, 26).

Kelompok usia yang terbanyak yaitu antara usia 50 - 55 tahun dan 55 - 60 tahun (tabel 1). Tajam penglihatan yang terbanyak ialah kelompok tajam penglihatan presbiop dengan hipermetrop ringan di bawah 2 Dioptri (46%) sedang Myop kurang dari 2,5 Dioptri didapat hanya 8% (tabel 2).

Nilai-nilai tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri diferensial mempunyai fluktuasi baik pada posisi responden setengah duduk maupun posisi berbaring. Nilai-nilainya berbeda dalam variasi yang luas dan tidak mempunyai pola tertentu. (tabel 3). Tampaknya walaupun pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial telah memperhitungkan faktor kekakuan dinding bola mata, tetapi kelemahan-kelemahan tonometri indentasi Schiottz berpengaruh terhadap perhitungan tekanan bola mata dengan nomogram Friedenwald.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri Schiottz akan berpengaruh pula terhadap tonometri diferensial. Faktor-faktor tersebut antara lain: faktor skala kalibrasi, faktor kekakuan dinding bola mata, faktor tehnik pemeriksaan dan faktor alat. (10, 12, 19).

Skala kalibrasi yang dipakai sekarang yaitu skala kalibrasi Friedenwald. Tabel ini masih mempunyai kelemahan yaitu data-data diperoleh dari mata yang di-

enukleasi dan nilai kekakuan dinding bola mata disusun berdasar kekakuan dinding bola mata rata-rata 0,0215 dan kurvatura kornea 7,8 milimeter. Nilai ini dianggap konstan untuk setiap tekanan bola mata dan terbukti nilai ini tidak konstan untuk setiap tekanan (1, 2).

Friedenwald yang pertama-tama menganjurkan pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri Schiøtz memakai 2 beban yang berbeda pada mata yang sama. Berdasarkan cara tersebut dianggap kelemahan tonometri Schiøtz sudah diatasi dengan memperhitungkan faktor kekakuan dinding bola mata. Beliau mendapatkan nilai kekakuan dinding bola mata melalui persamaan matematik yang menyatakan hubungan antara perubahan tekanan akibat perubahan volume. Tetapi persamaan ini mempunyai kelemahan karena melupakan faktor-faktor seperti volume darah intraokular, ekspulsi darah dari bola mata oleh tonometer dan indentasi pada bola mata bagian posterior karena tekanan pada orbita dan jaringan retrobulber. Akibatnya terjadi perkiraan kekakuan dinding bola mata yang terlalu rendah, sedangkan faktor ini sangat penting untuk menentukan tekanan bola mata dengan tepat. (19). Castren dan Pohyola dalam mengukur kekakuan dinding bola mata mendapatkan penyimpangan 2 kali lebih besar dengan hasil Schiøtz 2 beban dibandingkan dengan hasil aplanasi dan Schiøtz. (8).

Alat yang dipakai pada penelitian ini bukan alat

yang baru sehingga faktor ini turut mempengaruhi hasil penelitian.

Walaupun kepada responden telah diberi penjelasan tentang petunjuk-petunjuk yang harus diikuti selama pemeriksaan, pada beberapa responden tehnik pemeriksaan sulit dikerjakan dengan baik karena responden tidak tenang. Disparitas Schiötz-Goldmann biasanya digambarkan sebagai perbedaan antara nilai aplanasi dengan nilai Schiötz dari skala kalibrasi Friedenwald 1955. Smith dan kawan-kawan (26) dalam menyelidiki insiden disparitas Schiötz - Goldmann mengatakan bahwa perbedaan antara tonometri aplanasi dan tonometri Schiötz tidak bisa dijelaskan dengan memakai Schiötz dengan beban pasangan atau nomogram Friedenwald. Satu-satunya hal yang dapat menerangkan adalah bahwa metoda yang satu lebih teliti dan metoda yang lain kurang teliti.

Karena pembacaan Schiötz di atas 10 tidak dapat dipercaya (6) dan perbedaan pembacaan skala sebesar setengah pada tonometri Schiötz mempunyai pengaruh yang buruk terhadap tonometri diferensial, maka kedua hal di atas akan mempengaruhi hasil pengukuran tekanan bola mata dengan tonometri diferensial. (9).

Schmidt 1957 (dikutip oleh Bo Bengtsson) mengatakan bahwa pendapat tentang "nilai diferensial" menunjukkan penyimpangan dari "tekanan bola mata pada kekakuan

dinding bola mata yang normal" harus diubah. Karena kurva regresi yang menggambarkan hasil perbandingan tonometri Schiötz dan tonometri palanasi - Goldmann sangat menyimpang dari skala kalibrasi 1955.

Tekanan bola mata rata-rata dengan hasil Schiötz lebih condong kearah "mean", yakni tekanan aplanasi cenderung lebih rendah dari skala kalibrasi pada mata dengan hasil Schiötz termasuk tinggi dan sebaliknya. Penyimpangan demikian yang disebut efek regresi, tidak dapat dihindari sebagai akibat dari perbedaan-perbedaan antara kedua metoda ini. Kesalahan tidak sengaja yang disebabkan ketelitian Schiötz yang kurang sering salah ditafsirkan sebagai kekurangan ketepatan pada kasus-kasus dengan hasil Schiötz di atas atau di bawah mean, apabila "Nilai diferensial" diterima sebagai patokan kekakuan dinding bola mata. Beliau menyatakan bahwa karena hasil Schiötz di atas 10 tidak dapat dipercaya, pemakaian "nilai diferensial" agaknya pasti akan menyebabkan kesalahan. (6).

Walaupun terdapat tulisan yang kontroversial tentang tonometri diferensial untuk mengukur tekanan bola mata yang mendekati kebenaran tetapi perhitungan statistik dari hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna antara tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah diteliti perbandingan tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dengan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dan posisi berbaring, pada 100 mata dari 50 responden pria bangsa Indonesia usia 40 - 60 tahun. Dari hasil penelitian, tekanan bola mata rata-rata dalam batas normal.

Pada penelitian ini terbukti bahwa terdapat perbedaan yang sangat bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dan posisi berbaring. Juga terdapat perbedaan yang bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring.

Sebagai kesimpulan dari penelitian ini ialah belum diperoleh alat yang tepat guna untuk mengukur tekanan bola mata dari responden dalam penelitian ini. Dengan perkataan lain tonometri aplanasi Goldmann tetap merupakan cara terbaik untuk mengukur tekanan bola mata yang mendekati kebenaran. Walaupun tonometri diferensial diharapkan memberikan hasil pengukuran tekanan bola mata

yang mendekati kebenaran, ternyata karena faktor - faktor yang mempengaruhi tonometri Schioltz berperanan pula dalam tonometri diferensial maka hasilnya tidak dapat dipercaya.

Tentang posisi responden untuk pemeriksaan dengan tonometri indentasi, dapat dipakai posisi setengah duduk atau berbaring dengan memperhitungkan bahwa pada posisi berbaring tekanan bola mata lebih tinggi kira-kira 2mm Hg (21,26).

Masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuktikan kebenaran hasil penelitian ini, serta mencari tonometri Schioltz dengan beban berapa yang tepat guna untuk responden pada penelitian ini.

RINGKASAN

Telah diteliti tekanan bola mata hasil pengukuran :

1. Tonometri aplanasi Goldmann dengan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk,
2. Tonometri aplanasi Goldmann dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring,
3. Tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring; pada pria Indonesia usia 40 - 60 tahun.

Di dapat tekanan bola mata rata-rata dengan tonometri aplanasi 14,16 mm Hg, dengan tonometri diferensial posisi setengah duduk 15,80 mm Hg, dengan tonometri diferensial posisi berbaring 17,24 mm Hg.

Kelamin refaksi yang didapat Myop dibawah 2,5 dioptri sebesar 8 % & hipermetrop dibawah 2 D sebesar 46 %.

Di dapat perbedaan yang sangat bermakna antara tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden setengah duduk, dan antara tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden berbaring. Sedangkan antara tonometri diferensial posisi responden setengah duduk dengan tonometri diferensial posisi responden berbaring memperlihatkan perbedaan yang bermakna.

Dapat disimpulkan bahwa tonometri diferensial tidak dapat dipercaya untuk mengukur tekanan bola mata yang mendekati kebenaran pada responden dalam penelitian ini. Tonometri aplanasi Goldmann tetap merupakan satu-satunya cara yang lebih teliti untuk mengukur tekanan bola mata yang mendekati kebenaran.



DAFTAR PUSTAKA

1. Armaly, M.F. :
The Consistency of the 1955 calibration for various tonometer weights.
Am. J. Ophthalmol. 48 : 602 - 611 (Nov. Pt. 2), 1959.
2. Armaly, M.F. :
Schiotz Tonometer Calibration and Applanation Tonometry.
Arch. Ophthalmol. 64 : 426 - 432, Sept. 1960.
3. Armaly, M.F. :
On the Distribution of Applanation Pressure. I. Statistical Features and the Effect of age, sex, and Family History of Glaucoma.
Arch. Ophthalmol. 1965; 73 : 11 - 18.
4. Abrahamson, I.A. Jr & Sr. :
Applanation and Schiotz tonometry. A comparative study
Am. J. Ophthalmol. 1959; 48 : Pt. I, 389 - 392.
5. Bengtsson, Bo :
Comparison of Schiotz and Goldmann tonometry in a population.
Acta Ophthalmologica 1972; 50 : 445 - 457.
6. Bengtsson, Bo :
Some factors affecting the relationship between Schiotz and Goldmann reading in a population.
Acta Ophthalmologica 1973; 51 : 798 - 810.

7. Buxton, J.N.; Riechers, R.J. and Aaron, S.D. :
Corneal grafts and their effect upon the applanation
Schiotz disparity.
Arch.Ophthalmol. 1971; 86 : 28 - 30.
8. Castern, J. and Pohjola, S. :
The measurement of scleral rigidity. Evaluation of
various methods used.
Acta Ophthalmologica 1961; 39 : 1005 - 1014.
9. Duke - Elder, sir Steward :
System of Ophthalmology Volume IV. The physiology of
the eye and of vision.
St. Louis, The C.V. Mosby Company, 1968.
10. Duke - Elder, Sir Stewart :
System of Ophthalmology Volume VII. The Foundation
of Ophthalmology. Heredity, Pathology, Diagnosis and
The rapapeutics.
St. Louis, The C.V. Mosby Company 1962.
11. Duane, T.D. : Jaeger E.A. :
Clinical Ophthalmology Volume 3. Revised Edition 1985.
Harper & Row Publishers. Chapter 47; Brubaker, R.F. :
Tonometry.
12. Edi Supiandi, Musfari Haroen :
Glaukoma, Cara pemeriksaan dan jenis glaukoma. Hal.
7 - 12.
Penerbit: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
Jakarta 1986.

13. Francois, J.; Vancea, P. ; Vadekerckhove :
Calibration of tonometers and true intra-ocular pressure. *Ophthalmologica*. 1973; 167 : 27 - 48.
14. Friedenwald, J.S. :
Contribution to the theory and practice of tonometry. *Am. J. Ophthalmol.* 1937; 20 : 985 - 1024.
15. Friedenwald, J.S. :
Tonometer Calibration. An attempt to remove discrepancies found in the 1954 calibration scale for Schiottz tonometers. *Tr. Am. Acad. Ophthal.* 1957; 61 : 108 - 122.
16. Havener, W.H. :
Ocular Pharmacology, Fourth Edition.
Saint Louis, The C.V. Mosby Company, 1978.
17. Ilyas, Sidarta :
Dasar - tehnik pemeriksaan dalam Ilmu Penyakit Mata.
Penerbit : Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta, 1983.
18. Jackson, C.R.S. :
Schiottz Tonometers. An assessment of their usefulness. *Brit. J. Ophthal.* 1965; 49 : 478 - 484.
19. Kolker, A.E.; Hetherington, J. :
Becker - Shaeffer's Diagnosis and therapy of the glaucomas. Fourth Edition 1976.
The C.V. Mosby Company, St Louis.

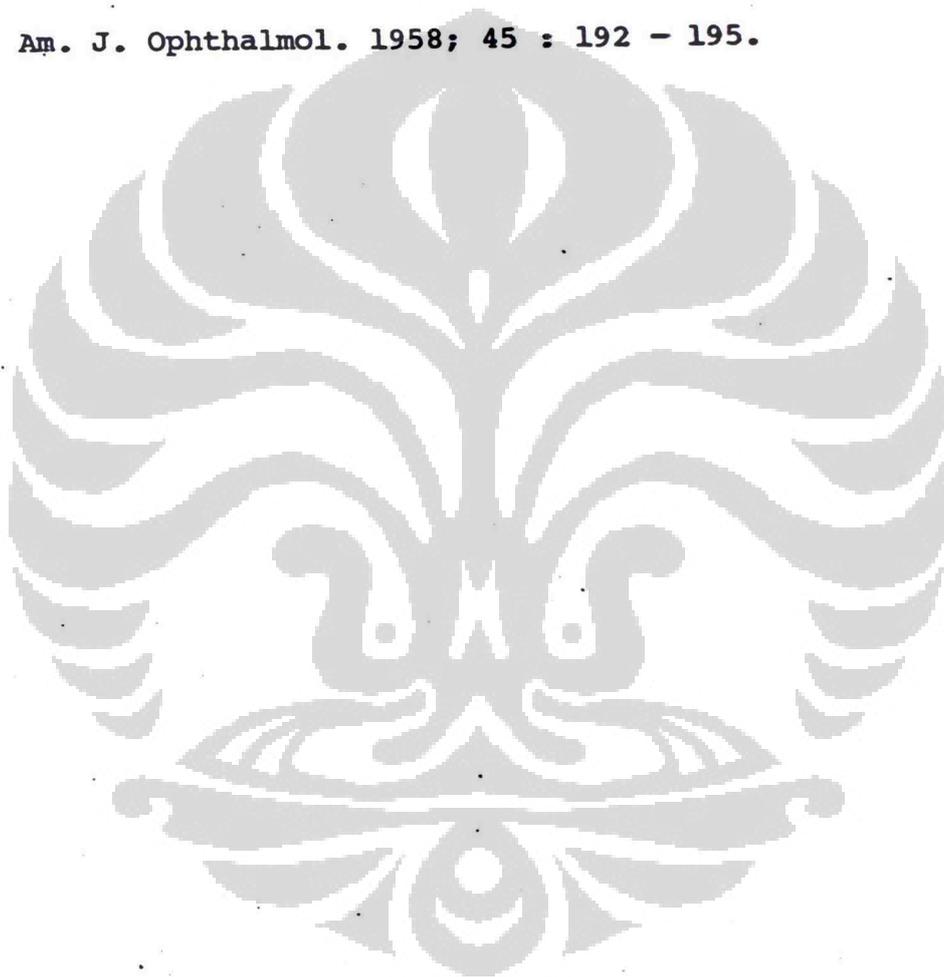
20. Moses, R.A. :
ALDER'S Physiology of the eye. Clinical Application.
Sixth Edition. The C.V. Mosby company Saint Louis 1975.
21. Roberts, W; Rogers, J.W. :
Postural effects on pressure and ocular rigidity
measurements. Am. J. Ophthalmol. 57, 111, 1964.
22. Schimek, M.A.; Cooksey, J.C.; Landreneau, M.; Steigler, J.B. :
The recovery phase after ocular hypotension induced by
Compression.
Arch. Ophthalmol. 1971; 85 : 288 - 294.
23. Shiose, Y. :
A new approach to stratified normal intraocular pressure
in a general population.
Am. J. Ophthalmol. 1986; 101 : 714 - 721.
24. Shiose, Y. :
The aging effect on intraocular pressure in an apparently
normal population.
Arch. Ophthalmol. 1984; 102 : 883 - 887.
25. Smith, J.L. :
Applanation versus Schiötz tonometry. The syndrome of
"reverse ocular rigidity".
Am. J. Ophthalmol. 1964; 58 : 807 - 812.
26. Smith, J.L. et al :
The incidence of Schiötz - Applanation disparity.
Cooperative study.

Arch. Ophthalmol. 1967; 77 : 302 - 308.

27. Stocker, F.W. :

On changes in intraocular pressure after application
of the tonometer. In the same eye and in the other eye.

Am. J. Ophthalmol. 1958; 45 : 192 - 195.



Lampiran :

Tekanan bola mata hasil pengukuran tonometri aplanasi Goldmann dan tonometri diferensial posisi responden $\frac{1}{2}$ duduk dan tidur.

No.	Umar/ th	Mata	Visus	TBM (Apl.)	TBM (dif. $\frac{1}{2}$ duduk)			TBM (dif. tidur)		
					5,5	10	n.F	5,5	10	n.F
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	57	OD	S+1.50 ..6/5	14	6	10	10	5,5	11	19
		OS	S+1.50 ..6/5 add. + 2.50	14	6	10	10	5,5	11	19
2.	48	OD	S+0.50 ..6/5	14	7	13	18	7,5	15	21
		OS	S+0.50 ..6/5 add. + 2.00	14	7	13	18	7,5	15	21
3.	46	OD	6/5 E	13	7	13	18	6	12	20
		OS	S-0.25 ..6/5 add. + 2.75	16	7	13	18	6	12	20
4.	53	OD	S-3.5C-3x90	14	6,5	12,5	19	7	13	18
		OS	S-2.5C-2.5x90 add. + 2.50	14	6,5	12,5	19	7	13	18
5.	54	OD	6/5 E	12	6	11	17	5,5	11	21
		OS	6/5 E add. + 2.50	12	6	11	17	5,5	11	21
6.	44	OD	6/5 E	14	7	12	13	6	11	17
			6/5 E add. + 1.75	14	7	12	13	6	11	17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.	43		6/5 E	18	5	9	11	4	8,5	19
			S-0.50 ..6/5	18	5	9	11	4	8,5	19
			add. + 1.50							
8.	44		S+0.75C-0.5x180	11	8,5	13,5	14	7,5	13	16
			S+0.50	11	8	13,5	14	8	14	16
			add. + 1.75							
9.	45		S+0.50 ..6/5	12	7,5	13,5	17	7,5	13,5	17
			S+1.25 ..6/5	14	6,5	13	21	7,5	13,5	17
			add. + 1.50							
10.	42	OD	6/5 E	15	7	12	14	5,5	12,5	24
			OS 6/5 E	15	7	12	14	5,5	12,5	24
			add. + 1.50							
11.	51	OD	S+1.50 ..6/5	12	7,5	12,5	13	7	12,5	16
			S+1.50 ..6/5	12	7,5	12,5	13	7	12,5	16
			add. + 2.25							
12.	53	OD	S+2.00 ..6/5	16	4	10	26	5	10	18
			OS S+2.00 ..6/5	16	4	10	26	5	10	18
			add. +2.50							
13.	43	OD	6/5 E	16	6,5	11	13	5,5	11	20
			OS 6/5 E	16	6,5	11	13	5,5	11	20
			add. +1.50							
14.	56	OD	C-1.25x90	13	8	13,5	14	8,5	14	13
			OS C-1.00x100	13	8	13,5	14	8,5	14	13
			add. +2.50							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15.	46	OD	6/5 E	14	8	13	12	7	12,5	16
		OS	6/5 E	14	8	12,5	10	7	12	14
			add. +1.75							
16.	49	OD	S+0.50 ..6/5	14	6	12	20	7,5	12,5	17
		OS	S+0.50 ..6/5	14	6	12	20	7	12,5	17
			add. +1.75							
17.	59	OD	6/5 E	12	8	13,5	14	7,5	13,5	15
		OS	S-0.50 ..6/5	12	8	13,5	14	7,5	13,5	15
			add. +3.00							
18.	52	OD	S+1.50 ..6/5	18	5	11	23	5	10,5	21
		OS	S+1.50 ..6/5	18	5	11	23	5	10,5	21
			add. +2.50							
19.	53	OD	S+0.75C-0.75. x115	15	6	12	20	6	11,5	19
		OS	S+0.50 ..6/5	15	6	12	20	6	11,5	19
			add. +2.50							
20.	53	OD	S+1.25 ..6/5	12	8	14	16	9	13	6
		OS	S+1.25 ..6/5	12	8	13,5	15	9	13	6
			add. +2.50							
21.	46	OD	S+0.50 ..6/5	13	6	11	17	5,5	11,5	22
		OS	6/5 E	11	6	11	17	5,5	11,5	22
			add. +1.75							
22.	41	OD	S+0.50 ..6/5	13	7	13	18	7,5	12,5	13
		OS	S+0.50 ..6/5	13	6,5	11,5	15	7	11,5	12
			add. +1.25							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23.	56	OD	S-0.50 ..6/5	14	7	11,5	12	6,5	12	17
		OS	S+0.50 ..6/5 add. +2.75	14	7	11,5	12	6,5	12	17
24.	60	OD	S+1.50 ..6/5	16	6	12	20	6,5	11,5	15
		OS	S+1.50 ..6/5 add. +3.00	16	6	12	20	6,5	11,5	15
25.	40	OD	C-0.5x70..6/5	13	6	13	23	8	12,5	20
		OS	C-0.50x105..6/5 add. +1,00	12	6	13	23	8	12,5	20
26.	46	OD	S+0.50 ..6/5	16	5	10	18	4,5	10	23
		OS	S+0.75 ..6/5 add. +1.75	16	5	10	18	4,5	10	23
27.	44	OD	S+1.00 ..6/5	11	9	15	15	7,5	14	18
		OS	6/5 E add. +1.50	11	9	15	15	7	13	18
28.	50	OD	6/5 E	12	8	14	16	8	13	13
		OS	S+0.25 ..6/5 add. +2.25	13	8	14	16	8	13	13
29.	50	OD	S+2.00 ..6/5	14	6	11	17	6	11,5	19
		OS	S+2.00 ..6/5 add. +2.50	14	6	11	17	6	11,5	19
30.	51	OD	S+1C-0.5x60..6/5	13	7	13	18	6,5	12,5	19
		OS	S+2.25C-0.75.6/5 x150 add. +2.00	13	7	13	18	6,5	12,5	19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31.	56	OD	6/5 E	13	7,5	12	11	7	12,5	17
		OS	S-2.50 ..6/5 add. +2.75	13	7,5	12	11	7	12,5	17
32.	50	OD	C-0.5x90..6/5	12	7,5	12	11	7	12	14
		OS	6/5 E add. +2.00	13	7,5	12	11	7	12	14
33.	44	OD	S+1.00..6/5	14	6,5	13	20	7	13	18
		OS	S+1.00..6/5 add. +1.50	14	6,5	13	20	7	13	18
34.	41	OD	6/5 E	17	6	11	17	6	12	20
		OS	6/5 E add. +1.25	17	6	11	17	6	12	20
35.	50	OD	6/5 E	16	6	10	11	6,5	11,5	15
		OS	6/5 E add. +2.25	16	6	10	11	6,5	11,5	15
36.	40	OD	S+0.50..6/5	14	7	13	18	8	13,5	14
		OS	S+0.50..6/5 add. +1.25	14	7	13	18	8	13,5	14
37.	43	OD	S+1.00..6/5	18	5	10	18	4,5	9,5	20
		OS	S+1.25..6/5 add. +2.00	18	5	10	18	4,5	9,5	20
38.	48	OD	S+2.00..6/5	14	6	10	10	6	11	17
			S+1.50..6/5 add. +2.00	14	6	10	10	6	11	17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
39.	42	OD	6/5 E	13	6	12	21	6,5	12	18
		OS	6/5 E	13	6	12	21	6,5	12	18
			add. +1.25							
40.	41	OD	S-0.25..6/5	14	8	13	12	7,5	13	15
		OS	S-0.25..6/5	14	8	13	12	7,5	13	15
			add. +1.25							
41.	54	OD	S+1.50..6/5	16	8	13	13	7	12	14
		OS	S+1.00..6/5	16	8	13	13	7	12	14
			add. +2.50							
42.	41	OD	6/5 E	14	7,5	13	15	7	11,5	12
		OS	S+0.25..6/5	14	7,5	13	15	7	11,5	12
			add. +1.50							
43.	55	OD	S-1.5C-2.5.6/5 x90	14	7	12,5	16	6,5	12,5	18
		OS	S-1C-2.5x90	14	7	12,5	16	6,5	12,5	18
			add. +2.50							
44.	41	OD	6/5 E	18	6,5	11,5	15	5,5	10	15
		OS	6/5 E	16	6,5	10,5	10	5,5	11	19
			add. +1.00							
45.	55	OD	S-1.25C-1.5 x105	14	7,5	12	12	7	13	17
		OS	S-0.5C-1.5x75	14	7,5	12	12	7	13	17
			add. +2.75							
46.	44	OD	S-2.50..6/5	16	7	12	14	7	13	17
		OS	S-1.5C-0.5x70	16	7	11,5	12	7	12,5	16
			add. +1.50							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47.	46	OD	6/5 E	12	9	16	17	11	17,5	13
		OS	6/5 E	12	9	16	17	11	17,5	13
			add. +1.75							
48.	50	OD	S+0.75..6/5	15	7	13	18	6	12	20
		OS	S+0.75..6/5	15	7	13	18	6	12	20
			add. +2.00							
49.	55	OD	S+0.50..6/5	12	7	12	14	6	11	17
		OS	6/5 E	14	6	11	17	5	11	23
			add. +2,50							
50.	56	OD	S+1.00..6/5	16	7	12	14	6,5	11,5	16
		OS	S+1.25..6/5	16	7	12	14	6,5	11,5	16
			add. +2.75							

Catatan : n.F : tekanan bola mata hasil dari nomogram
Friedenwald.