

TESIS

**PENGARUH DIAMETER KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG
TERHADAP PERUBAHAN KEDALAMAN BILIK MATA DEPAN,
SUDUT IRIDOKORNEA, DAN LUARAN TAJAM PENGLIHATAN
PADA PASIEN OPASIFIKASI KAPSUL POSTERIOR**

*THE EFFECT OF Nd:YAG LASER POSTERIOR CAPSULOTOMY
DIAMETER ON CHANGES IN THE ANTERIOR CHAMBER DEPTH,
IRIDOCORNEAL ANGLE, AND VISUAL OUTCOMES IN POSTERIOR
CAPSULE OPACIFICATION PATIENTS*

**DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:
WIDODO PRIMA UTAMA**

C 025172003



**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**PENGARUH DIAMETER KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG
TERHADAP PERUBAHAN KEDALAMAN BILIK MATA DEPAN,
SUDUT IRIDOKORNEA, DAN LUARAN TAJAM PENGLIHATAN
PADA PASIEN OPASIFIKASI KAPSUL POSTERIOR**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis-1 (Sp.1)

Program Studi

Ilmu Kesehatan Mata

Disusun dan diajukan oleh:

WIDODO PRIMA UTAMA

C 025172003

Kepada

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP.1)

PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**HUBUNGAN PENGARUH DIAMETER KAPSULOTOMI
POSTERIOR LASER Nd:YAG TERHADAP PERUBAHAN
KEDALAMAN BILIK MATA DEPAN, SUDUT IRIDOKORNEA,
DAN LUARAN TAJAM PENGLIHATAN PADA PASIEN
OPASIFIKASI KAPSUL POSTERIOR**

Disusun dan diajukan oleh

Widodo Prima Utama

Nomor Pokok : C025 172 003

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Mata Fakultas
Kedokteran Universitas Hasanuddin

pada tanggal 22 November 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



dr. Muh. Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes
NIP.198010462009121002

Pembimbing Pendamping,



dr. Andi Tenrisanna Devi, Sp.M(K), M.Si., M.Kes
NIP.197407212002122007

Ketua Program Studi,



dr. Muh. Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes
NIP.198010462009121002

Dekan Fakultas Kedokteran,



Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP.196805301996032001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis yang berjudul "Pengaruh Diameter Kapsulotomi Posterior Laser Nd:YAG terhadap Perubahan Kedalaman Bilik Mata Depan, Sudut Iridokornea, dan Luaran Tajam Penglihatan pada Pasien Opasifikasi Kapsul Posterior" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (dr. Muh. Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes sebagai Pembimbing Utama dan dr. Andi Tenrisanna Devi, Sp.M(K), M.Si.,M.Kes sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 November 2022




WIDODO PRIMA UTAMA
C 025172003

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat-Nya selama ini sehingga karya akhir ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

Karya akhir ini dengan judul **“Pengaruh Diameter Kapsulotomi Posterior Laser Nd:YAG terhadap Perubahan Kedalaman Bilik Mata Depan, Sudut Iridokornea, dan Luaran Tajam Penglihatan pada Pasien Opasifikasi Kapsul Posterior”** diajukan dan disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Pertama-tama penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga kepada Ayah saya Alm. Erwindu, S.H., M.H., Ibu saya Mardayani, Istri saya tercinta dr. Martina Martha Tilova, Sp. T.H.T-K.L., anak saya Muhammad Reiza Adhika, dan keluarga besar atas segala doa, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan hingga saat ini yang telah banyak membantu dan mendukung dari awal hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik dan menjadi penyemangat dalam menyelesaikan penelitian ini sampai akhir.

Keberhasilan penyusunan karya ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, nasehat dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan ungkapan terima kasih dan penghargaan kepada dr. Muh. Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes sebagai pembimbing utama yang senantiasa memberikan arahan serta meluangkan waktu untuk membimbing penyelesaian karya ini. Ucapan terima kasih juga saya ungkapkan kepada dan dr. Andi Tenrisanna Devi, Sp.M(K), M.Si., M.Kes dan dr. Rusdina Bte Ladju, Ph.D selaku pembimbing pendamping yang senantiasa meluangkan waktu di tengah kesibukan untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian karya ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Manajer Program Pendidikan Dokter Spesialis Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas kesediaannya menerima penulis

sebagai peserta didik di Program Pendidikan Dokter Spesialis Universitas Hasanuddin.

2. dr.Firdaus, Ph.D , Sp.MK., selaku Plt. Ketua Departemen Program Studi Ilmu Kesehatan Mata, penguji, dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, atas segala bimbingan ,dukungan yang besar kepada penulis, masukan, motivasi, pada penyelesaian karya akhir ini.
3. dr. Muhammad Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes, selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Mata dan dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas bimbingan dan masukan yang diberikan kepada penulis sejak awal hingga penyelesaian karya ini dengan baik.
4. dr. Hamzah, Sp.M(K) dan Dr. dr. Noro Wasposito, Sp.M selaku penguji, dan dosen Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas bimbingan, masukan, motivasi, dan kesediaan untuk meluangkan waktu menjadi penguji pada karya akhir ini.
5. Pimpinan, manajemen beserta seluruh keluarga besar civitas Klinik Utama Mata JEC Orbita dan RSUP Dr. Tadjuddin Chalid dan yang telah membantu dan memberi dukungan selama proses penyelesaian penelitian dan karya akhir ini.
6. Seluruh staf pengajar Departemen Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin : Prof. Dr. Dr. Rukiah Syawal, Sp M(K), dr. Rahasiah Taufik, Sp.M(K), Dr.dr. Habibah S Muhiddin, Sp.M(K), Prof. Dr. Budu, Ph.D, Sp.M(K), M.MedEd, Dr. dr. Halimah Pagarra, Sp.M(K), dr. Junaedi Sirajuddin, Sp.M(K), dr. Suliati P. Amir, Sp.M, MedEd, Dr. Dr. Purnamanita Syawal, Sp.M, M.Kes, Dr. dr. Noor Syamsu, Sp.M(K), MARS, M.Kes, dr. Andi Muhammad Ichsan, Ph.D, Sp.M(K), dr. Hasnah Eka, Sp.M(K), Dr.dr. Marliyanti N Akib, Sp.M(K), M.Kes, dr. Ahmad Ashraf, Sp.M(K), MPH, dr. Adelina T. Poli, Sp.M, dr. Soraya Taufik, Sp.M, dr. Ririn Nislawati, Sp.M, M.Kes., dr. Ratih Natasha, Sp.M, M.Kes, dr. Nursyamsi, Sp.M, M.Kes., dr. Andi Pratiwi, Sp.M, M.Kes, dr. Andi Akhmad Faisal, Sp.M, M.Kes, dr. Rani Yunita Patong, Sp.M, dr. Andi Suryanita Tadjuddin, SpM, dr. Idayani Panggalo, Sp.M, dr. Muh. Irfan Kamaruddin, Sp.M, MARS, dr. Dyah Ayu Windy, Sp.M dan dr. Sultan Hasanuddin, Sp.M atas segala bentuk bimbingan, nasehat, dan ilmu yang telah diberikan selama proses pendidikan.
7. Teman seangkatan saya: dr. Gerhanawati, Sp.M, dr. Meiliana Lay, Sp.M, dr. Anegerah Fadhil, Sp.M, dr. Arandz Ruttu, Sp.M, dr. Linda Minar Herawati, dr. Irnawanti Lestari, yang telah banyak membantu dan menyertai perjalanan

pendidikan sejak awal hingga saat ini.

8. Semua teman sejawat PPDS Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yang selalu memberikan dukungan selama ini.
9. Seluruh Staf Departemen Ilmu Kesehatan Mata yang selama ini begitu banyak membantu selama proses pendidikan berjalan serta dalam penyelesaian penelitian dan karya akhir ini, yang selalu membantu.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak tercantum dalam prakata ini tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan karya akhir ini. InsyaAllah hasil penelitian ini akan memberikan manfaat yang banyak kepada institusi dan dapat meningkatkan ilmu pengetahuan khususnya di bagian IK. MATA.

Makassar, 22 November 2022

Widodo Prima Utama

Pengaruh Diameter Kapsulotomi Posterior Laser Nd:YAG terhadap Perubahan Kedalaman Bilik Mata Depan, Sudut Iridokornea, dan Luaran Tajam Penglihatan pada Pasien Opasifikasi Kapsul Posterior

Widodo Prima Utama, Muh. Abrar Ismail, Andi Tenrisanna Devi, Rusdina Bte Ladju

ABSTRAK

Pendahuluan: Komplikasi paling umum setelah operasi katarak adalah *Posterior Capsule Opacification* (PCO). Laser Nd:YAG merupakan tatalaksana paling efektif. Prosedurnya cepat, relatif mudah, nyaman, dan tingkat keberhasilan tinggi. Interaksi laser dengan jaringan kantong kapsul menghasilkan fotodisrupsi dan bukaan kapsulotomi posterior yang menyebabkan perubahan bentuk dan tegangan pada kantong kapsul. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh diameter kapsulotomi terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan.

Metodologi: Dengan *total sampling* selama 3 bulan didapatkan 40 mata dari 35 pasien pseudofakia dengan PCO sesuai kriteria inklusi. Subjek menjalani prosedur kapsulotomi posterior laser Nd:YAG. Dibagi kedalam dua kelompok sesuai diameter kapsulotomi. Perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan pre laser, pasca laser hari pertama dan ketujuh dibandingkan antar kelompok.

Hasil Penelitian: Pada perbandingan antar kelompok, hanya kedalaman bilik mata depan hari ketujuh pasca laser terjadi perbedaan signifikan ($p=0,035$). Kemudian, perubahan signifikan ($p<0,00$) juga ditemukan pada tajam penglihatan masing-masing kelompok mulai dari pre laser, hari pertama hingga hari ketujuh pasca laser. Untuk sudut iridokornea, terdapat perbedaan pre laser dan pasca laser hari pertama tetapi tidak signifikan ($p>0,05$).

Kesimpulan: Diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG $\geq 4,0$ mm menunjukkan pengaruh signifikan terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan pasien opasifikasi kapsul posterior pada hari ketujuh. Terdapat peningkatan luaran tajam penglihatan signifikan pada diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG $\pm 4,0$ mm. Perbedaan pada sudut iridokornea tidak signifikan secara statistik.

Kata Kunci: *Posterior Capsule Opacification*, Nd:YAG laser, parameter bilik mata depan, tajam penglihatan

The Effect Of Nd:Yag Laser Posterior Capsulotomy Diameter On Changes In The Anterior Chamber Depth, Iridocorneal Angle, And Visual Outcomes In Posterior Capsule Opacification Patients

Widodo Prima Utama, Muh. Abrar Ismail, Andi Tenrisanna Devi, Rusdina Bte Ladju

ABSTRACT

Introduction: The most common complication after cataract surgery is Posterior Capsule Opacification (PCO). The Nd: YAG laser is the most effective treatment. The procedure is fast, relatively easy, comfortable, and highly successful. Interaction of the laser with the capsule tissue results in photodisruption and posterior capsulotomy opening which causes deformation and tension in the capsule bag. This study aims to determine the effect of capsulotomy diameter on changes in anterior chamber depth, iridocorneal angle, and visual acuity outcome.

Methodology: The research lasted for 3 months in two different places. With total sampling, 40 eyes of 35 pseudophakic patients with PCO were found according to the inclusion criteria. All subjects underwent the Nd:YAG laser posterior capsulotomy procedure. Divided into two groups according to the size of the capsulotomy diameter. Changes in anterior chamber depth, iridocorneal angle, and visual acuity outcomes on pre-laser, first and seventh-day post-laser were compared between groups.

Results: In the comparison between groups, only the depth of the anterior chamber on the seventh day after the laser was significantly different ($p=0.035$). Then, significant changes ($p<0.00$) were also found in the visual acuity of each group from pre-laser, the first day to the seventh day after the laser. For the iridocorneal angle, there was a difference pre-laser and post-laser on the first day but not significant ($p>0.05$).

Conclusion: Nd:YAG laser posterior capsulotomy diameter ≥ 4.0 mm significantly affected changes in anterior chamber depth in patients with posterior capsule opacification on the seventh day. There was a significant increase in visual acuity in the posterior capsulotomy diameter of the Nd:YAG laser ± 4.0 mm. The difference in the iridocorneal angle was not statistically significant.

Keywords: Posterior Capsule Opacification, Nd:YAG laser, anterior chamber parameters, visual acuity

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 HIPOTESIS PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN	5
BAB II.....	6
2.1 ANATOMI	6
2.2 OPASIFIKASI KAPSUL POSTERIOR (PCO)	13
2.3 KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG	23
2.4 DIAMETER KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG, DAN PENGARUHNYA TERHADAP KEDALAMAN BILIK MATA DEPAN, SUDUT IRIDOKORNEA, DAN LUARAN TAJAM PENGLIHATAN	32
2.5 KERANGKA TEORI	35
2.6 KERANGKA KONSEP	36
BAB III.....	37
3.1 DESAIN PENELITIAN	37
3.2 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	37
3.3 POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN	37

3.4	METODE PENGAMBILAN SAMPEL.....	39
3.5	IDENTIFIKASI VARIABEL.....	39
3.6	DEFINISI OPERASIONAL.....	40
3.7	METODE PENGUMPULAN DATA	41
3.8	ANALISIS DATA	44
3.9	IZIN PENELITIAN DAN ETIK PENELITIAN	44
3.10	ALUR PENELITIAN.....	45
BAB IV	46
BAB V	61
BAB VI	70
6.1	KESIMPULAN.....	70
6.2	SARAN	70
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penampang Bola Mata.....	6
Gambar 2. Contoh Pengukuran kedalaman BMD menggunakan AS-OCT, Carl Zeiss, Cirrus HD-OCT 5000®	7
Gambar 3. Aliran Humor Akuos.....	8
Gambar 4. Struktur Anatomi Sudut Iridokornea	9
Gambar 5. Pengukuran menggunakan sudut iridokornea menggunakan AS-OCT, Carl Zeiss, Cirrus HD-OCT 5000®	10
Gambar 6. Parameter klinis AS-OCT	10
Gambar 7. Struktur Lensa (Jogi, 2009).	12
Gambar 8. PCO tipe fibrosis pada tampilan <i>slit lamp</i>	15
Gambar 9. Elschnig Pearls	18
Gambar 10. Fibrosis PCO	19
Gambar 11. Klasifikasi PCO, gambar kiri berdasarkan tingkat fibrosis,	22
Gambar 12. Bukaan kapsulotomi laser Nd:YAG	24
Gambar 13. Teknik Kapsulotomi Seaman's	26
Gambar 14. Pola <i>cruciate</i> dan <i>circular</i>	27
Gambar 15. Grafik Perubahan ACD	53
Gambar 16. Grafik Perubahan ACA	54
Gambar 17. <i>Scatter plot</i> ACD Pre laser dengan ACD hari ke-7 kelompok II	59
Gambar 18. <i>Scatter plot</i> ACA Rata rata Pre laser dengan ACD hari ke-1 kelompok II	59
Gambar 19. <i>Scatter plot</i> ACA Rata rata Pre laser dengan ACA rata-rata hari ke-1 kelompok II	60
Gambar 20. <i>Scatter plot</i> ACA Rata rata Pre laser dengan ACD hari ke-7 kelompok II	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Demografik dan Data Klinis Subjek Penelitian.....	47
Tabel 2. Perbandingan Demografik dan Data Klinis Subjek Peneliti.....	48
Tabel 3. Diameter Kapsulotomi Posterior di Kedua Kelompok.....	49
Tabel 4. Perbandingan hasil pemeriksaan awal (pre-laser) <i>UCVA</i> , <i>TIO</i> , <i>ACD</i> , dan <i>ACA</i> pada kelompok I dan kelompok II.....	50
Tabel 5. Perbandingan hasil pemeriksaan <i>UCVA</i> , <i>ACD</i> , dan <i>ACA</i> antar kelompok pada saat pre laser, hari pertama, dan hari ketujuh.....	51
Tabel 6. Perbandingan hasil pemeriksaan <i>UCVA</i> , <i>ACD</i> , dan <i>ACA</i> di dalam masing-masing kelompok pada saat pre laser, hari pertama, dan hari ketujuh.....	52
Tabel 7. Perbandingan hasil pemeriksaan <i>UCVA</i> , <i>ACD</i> , dan <i>ACA</i> di <i>RSTC</i> dan <i>JEC Orbita</i> pada saat pre laser, hari pertama, dan hari ketujuh	
Tabel 8. <i>BCVA</i> dan <i>Spherical Equivalent (SE)</i> tiap kelompok.....	55
Tabel 9. Perbedaan statistik <i>BCVA</i> dan <i>Spherical Equivalent</i> pada Kelompok I dan II.....	56
Tabel 10. Korelasi Pearson Kelompok I.....	57
Tabel 11. Korelasi Pearson Kelompok.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

1. Formulir persetujuan.....	84
2. Lembar Observasi.....	85
3. Data dasar penelitian.....	88
4. Persetujuan Etik	89
5. Dokumentasi penelitian.....	91

DAFTAR SINGKATAN

ACA	Anterior Chamber Angle
ACD	Anterior Chamber Depth
AS-OCT	Anterior Segment Optical Coherence Tomography
BCVA	Best Corrected Visual Acuity
BMD	Bilik Mata Depan
CAM	Cell Adhesion Molecule
CCC	Continuous Curvilinear Capsulorhexis
CME	Cystoid Macular Edema
DM	Diabetes Mellitus
EGF	Epidermal Growth Factor
EMT	Epithelial-Mesenchymal Transitions
FGF	Fibroblast Growth Factor
GRGDSP	Gly-Arg-Gly-Asp-Ser-Pro
HGF	Hepatocyte Growth Factor
IL	Interleukin
IOL	Intraocular Lens
LEC	Lens Epithelial Cell
MMPs	Matriks Metalloproteinase
mm	Milimeter
mmHg	Milimeters of Mercury Hydrargyrum
NCT	Non-Contact Tonometry
Nd:YAG	Neodymium-doped Ytrium Alumunium Garnet
PCO	Posterior Capsular Opacification
PDGF	Platelet Derived Growth Factor
OD	Ocular Dexter
OS	Ocular Sinister
RAAB	Rapid Assessment of Avoidable Blindness
SE	Spherical equivalent
TGFβ	Insulin Growth Factor, Transforming Growth Factor β
TIO	Tekanan Intra Okular
UCVA	Un-Corrected Visual Acuity

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Salah satu prosedur operasi yang paling sering dilakukan di dunia adalah operasi katarak. Komplikasi yang paling umum terjadi pada pasien 2-3 tahun setelah operasi katarak adalah PCO (*Posterior Capsular Opacification*). Bahkan dengan operasi katarak yang dilakukan dengan baik pun PCO dapat terjadi dan secara signifikan menurunkan kualitas tajam penglihatan dari waktu ke waktu. (Çınar, et al., 2021) (Jick, et al., 2019) (Saika, et al., 2014)

Insidensi PCO terjadi sebanyak 11,8% pada tahun pertama, 20,7% pada tahun ketiga, dan 28,4% pada tahun kelima setelah operasi. PCO berkaitan dengan usia, insidensinya rendah pada usia yang lebih tua. Perkembangan teknik operasi katarak, dan perbaikan material dari lensa intra okular dapat mengurangi angka kejadian PCO, namun hal ini masih menjadi masalah yang signifikan (Jick, et al., 2019) (Saika, et al., 2014) (Konopińska, et al., 2021) (Lu, et al., 2019).

Penatalaksanaan PCO yang efektif adalah dengan menggunakan laser Nd:YAG (*Neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet*). Laser akan membuat lubang pada kapsul posterior yang bertujuan untuk mengembalikan kejernihan aksis visual (Jick, et al., 2019) (Lu, et al., 2019). Metode ini cepat, relatif mudah, nyaman, tidak memerlukan rawat inap, dan memiliki tingkat keberhasilan 95%, namun tidak luput dari komplikasi. (Murtaza, et al., 2018) (Monteiro, et al., 2018) (Akmaz, et al., 2018).

Interaksi laser dengan jaringan kantong kapsuler menghasilkan fotodisrupsi dan membentuk bukaan kapsul posterior, sehingga hal ini dapat menyebabkan perubahan pada bentuk dan tegangan kantong kapsul. Beberapa penelitian dalam literatur melaporkan tentang pengaruh kapsulotomi laser Nd:YAG terhadap tajam penglihatan, refraksi dan parameter bilik mata depan (Chua , et al., 2001) (Ozkurt , et al., 2009) (Meena & Saiyid , 2004). Dan, keterkaitan antara diameter kapsulotomi terhadap komplikasi pada segmen posterior dan berbagai komplikasi lainnya yang ditimbulkan (Fus, et al., 2021) (Uzel, et al., 2018) (Karahana, et al., 2014) (Cetinkaya , et al., 2015) (Hayashi , et al., 2010).

Banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan teknik yang berbeda untuk melihat efek kapsulotomi posterior laser Nd:YAG, tetapi sedikit dari penelitian-penelitian tersebut yang menyelidiki pengaruh dari diameter kapsulotomi terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan. Sehingga, penulis melihat masih dipandang perlu untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan pada pasien opasifikasi kapsul posterior.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian dalam latar belakang yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?
2. Bagaimana pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan sudut iridokornea pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?
3. Bagaimana pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap luaran tajam penglihatan pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan pada pasien opasifikasi kapsul posterior.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Diketuainya pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?
2. Diketuainya pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan sudut iridokornea pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?
3. Diketuainya pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap luaran tajam penglihatan pada pasien opasifikasi kapsul posterior ?

1.4 HIPOTESIS PENELITIAN

1. Terdapat pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan.
2. Terdapat pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan sudut iridokornea.
3. Terdapat pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap luaran tajam penglihatan.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

1. Diharapkan penelitian dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh diameter kapsulotomi posterior laser Nd:YAG terhadap perubahan kedalaman bilik mata depan, sudut iridokornea, dan luaran tajam penglihatan pada pasien opasifikasi kapsul posterior.
2. Diharapkan data penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi untuk penelitian lebih lanjut mengenai kapsulotomi posterior laser Nd:YAG pada pasien opasifikasi kapsul posterior.
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi para dokter spesialis mata yang akan melakukan intervensi kapsulotomi posterior laser Nd:YAG pada pasien opasifikasi kapsul posterior untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

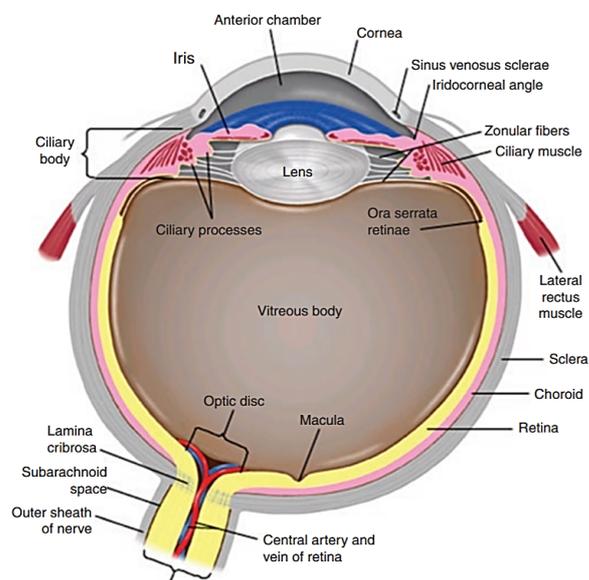
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ANATOMI

2.1.1 Bilik Mata Depan

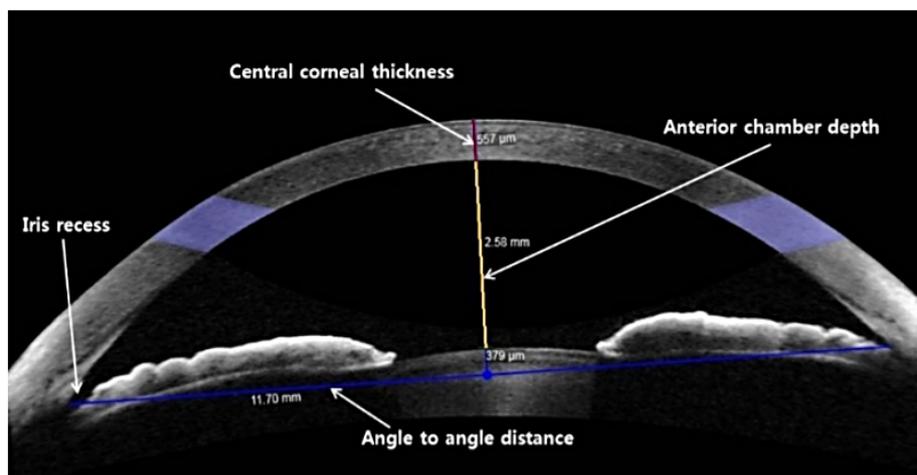
Bola mata terbagi atas segmen anterior dan segmen posterior. Segmen anterior dibagi lagi menjadi bilik anterior dan bilik posterior, keduanya mengandung humor akuos. Bilik anterior, biasa disebut juga dengan bilik mata depan adalah area yang terletak di antara kornea dan iris. Dan, bilik posterior berada di belakang iris.



Gambar 1. Penampang Bola Mata (Patrick & Joshua , 2018)

Humor akuos yang diproduksi oleh epitel siliaris di bilik posterior mengalir diantara bilik posterior dan bilik anterior. Cairan melewati aperture pupil dan mengalir keluar melalui jalur trabekular dan jalur uveosklera. Ketika sistem drainase ini terganggu, aliran humor akuos menjadi terhambat dan dapat menyebabkan tekanan intra okular meningkat dan glaukoma. (Patrick & Joshua , 2018)

Anterior Chamber Depth (ACD) atau kedalaman bilik mata depan rata-rata 3,0 mm. Lebih dalam pada afakia, pseudofakia, myopia, dan lebih dangkal pada hiperopia. Pada mata orang dewasa normal, bilik mata depan paling dalam berada di bagian tengah dan makin menyempit ke arah sudut iridokornea (AAO, 2020).

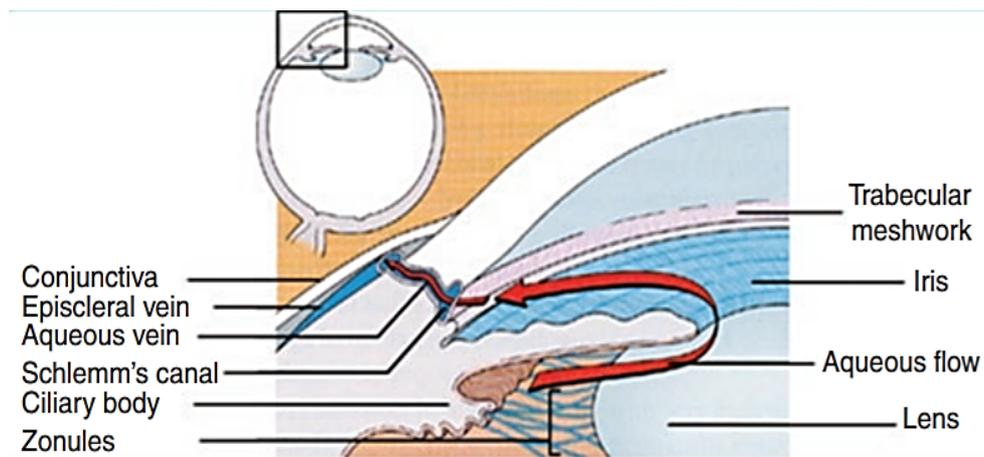


Gambar 2. Contoh Pengukuran kedalaman BMD menggunakan AS-OCT, Carl Zeiss, Cirrus HD-OCT 5000® (Kim, et al., 2018)

2.1.2 Sudut Iridokornea

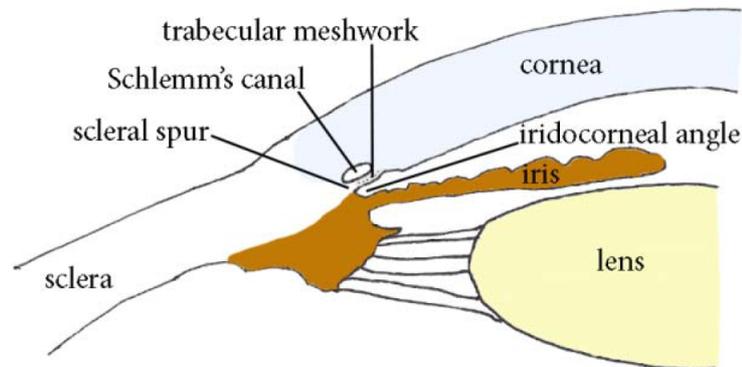
Anterior Chamber Angle (ACA) atau sudut iridokornea merupakan sudut anatomis yang dibentuk oleh akar iris dan lengkung kornea perifer. Di dalamnya terdapat struktur yang berkaitan dengan aliran humor akuos, yaitu *trabecula*

Meshwork dan kanal *Schlemm*. Besar sudut iridokornea pada mata sehat adalah 30 derajat busur, dengan bagian inferior lebih besar dibandingkan superior. Namun, kedalaman sudut tersebut dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia, dan kelainan refraksi. (Rufer, et al., 2010)



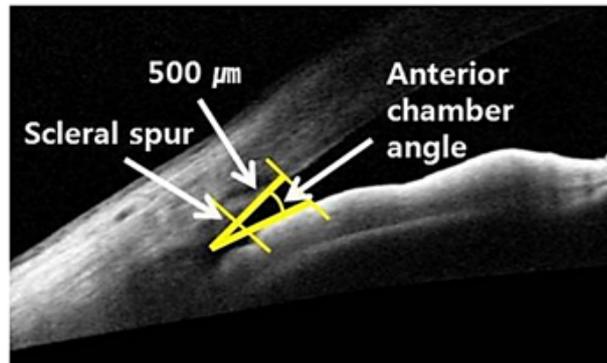
Gambar 3. Aliran Humor Akuos (Trobe , 2001)

Hubungan antara bidang iris dan kornea memiliki pengaruh signifikan pada aksesibilitas humor akuos ke sistem drainase humor akuos. Pada mata dimana iris dan endotel kornea saling menutup satu sama lain, humor akuos tidak akan teralirkan keluar sehingga mengakibatkan peningkatan tekanan intraokular. (Lens, et al., 2008)

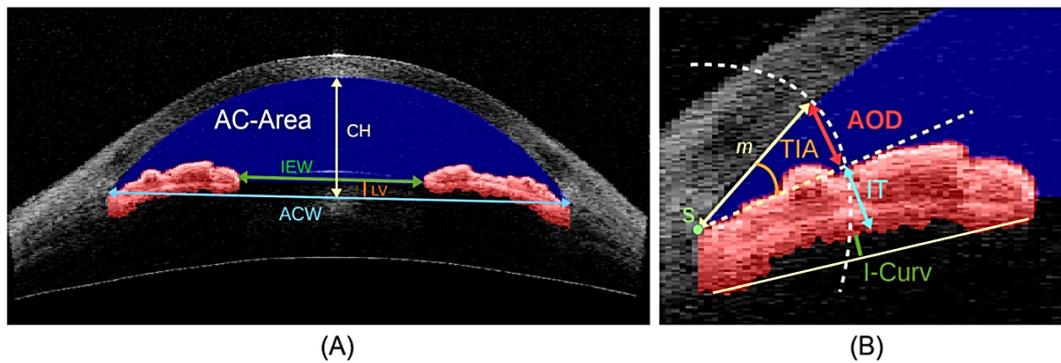


Gambar 4. Struktur Anatomi Sudut Iridokornea (Campa, et al., 2011)

Evaluasi sudut iridokornea menjadi sangat penting dilakukan untuk mengidentifikasi dan tatalaksana pasien yang beresiko peningkatan tekanan intraokular. Gonioskopi telah sejak lama menjadi satu-satunya metode ukur standar untuk mengukur kedalaman sudut iridokornea, namun teknik *Van Herick* umum digunakan sebagai alternatif. Kedua teknik ini memiliki kelemahan seperti subjektifitas dan semi-kuantitatif, tidak dapat dilaporkan karena sulitnya mendapatkan gambar yang baik, dan membutuhkan pelatihan untuk dilakukan dengan benar. Oleh karena kebutuhan untuk pelatihan dan variabilitas yang tinggi diantara para klinisi, telah mendorong penelitian mengenai teknik penilaian alternatif. Dan, AS-OCT memberikan evaluasi yang objektif untuk sudut iridokornea. (Friedman & He , 2008) (Fujimoto, 2003) (Dorairaj , et al., 2007)



Gambar 5. Pengukuran menggunakan sudut iridokornea menggunakan AS-OCT, Carl Zeiss, Cirrus HD-OCT 5000® (Kim, et al., 2018)



Gambar 6. Parameter klinis AS-OCT. **(A)** Global AS-OCT parameters. AC-Area: Anterior Chamber Area. IEW: Iris Endpoint Width. LV: Lens-Vault. ACW: Anterior Chamber Width. CH: Chamber Height. **(B)** Local angle parameters, TIA: Trabecular Iris Angle. AOD: Angle Opening Distance. IT: Iris Thickness. I-Curv: Iris Curvature. (Fu, et al., 2017)

Tun *et al.*, memaparkan dalam penelitiannya bahwa alat pemindai *angle-to-angle* segmen anterior dari *Cirrus* HD-OCT adalah alat yang andal dalam evaluasi sudut iridokornea. Performa diagnostik *Cirrus* HD-OCT ini sebanding dengan *Visante* OCT (Tun, et al., 2017).

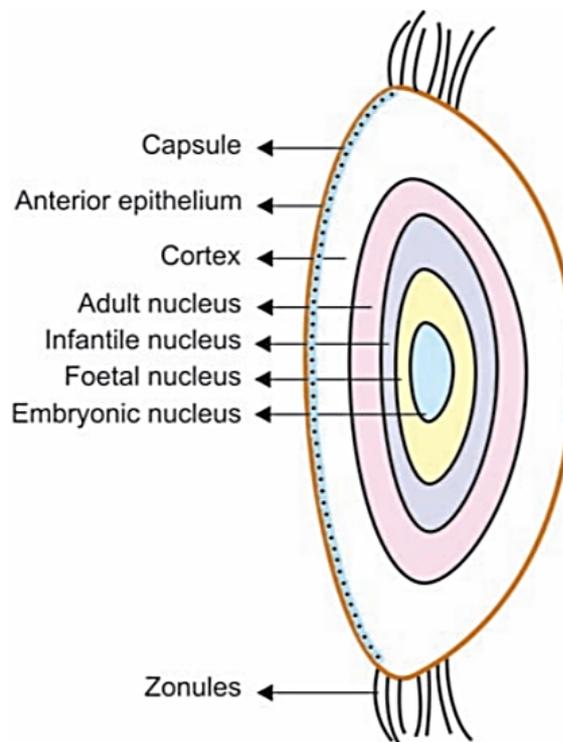
2.1.3 Lensa

Lensa merupakan struktur bikonveks transparan dengan tampilan kristal yang terletak di antara iris dan vitreous. Lensa difiksasi oleh ligamen suspensorium atau zonula *Zinn* yang melekat pada korpus siliaris dan ekuator lensa. Daya akomodasi bervariasi sesuai dengan usia, 14 hingga 16 D (saat lahir), 7 hingga 8 D (pada usia 25 tahun) dan 1 hingga 2 D (pada usia 50 tahun). Lensa terdiri dari 64% air, 35% protein dan 1% lipid, karbohidrat, dan beberapa elemen kecil. Metabolisme lensa adalah anaerobik. Glikolisis sangat berperan atas 85% pemanfaatan glukosa yang menghasilkan laktat (Jogi, 2009) (AAO, 2020).

Indeks refraksi lensa 1,39 D dan mempunyai daya dioptri 15-18 D. Memiliki dimensi; tebal 4 mm, diameter 9-10 mm, dan kelengkungan permukaan anterior 10 mm yang tampak lebih datar dibandingkan kelengkungan permukaan posteriornya 6 mm. Lensa terus bertumbuh sepanjang hidup. Saat lahir beratnya sekitar 65 mg dan pada usia 80 tahun beratnya sekitar 258 mg. Material lensa bersifat elastis tetapi secara bertahap akan kehilangan elastisitasnya seiring bertambahnya usia. Lensa juga bersifat avaskular dan memperoleh nutrisinya dari humor akuos (Jogi, 2009).

Struktur Lensa terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan terluar adalah kapsul lenticular yang merupakan selubung aselular yang tipis dan homogen. Pada kapsul melekat ligamentum suspensorium (*zonula Zinn*) merupakan serat transparan yang lurus dan tidak fleksibel. Kapsul lensa lebih tebal di bagian anterior dan paling tipis di bagian posterior berukuran 4 mm. Di bawahnya terdapat epitel yang mensekresikan hialin. Epitel lenticular ini berupa satu lapisan sel kuboid yang hanya terdapat di bagian kapsul anterior dan tidak berhubungan

dengan epitel di posterior. Lebih dalam lagi terdapat serat lenticular yang terbentuk dari sel kuboid anterior secara bertahap menjadi kolumnar dan memanjang menuju ekuator. Garis-garis berbentuk pola 'Y' di anterior dan posterior terbentuk pada pertemuan serat lensa tersebut. Kemudian korteks, yaitu lapisan yang terletak di antara nukleus dan kapsul lensa. Nukleus, lapisan terdalam memiliki empat inti yang terbentuk pada berbagai tahap, yaitu nukleus embrio (1-3 bulan kehamilan), nukleus janin (dari 3 bulan kehamilan hingga lahir), nukleus infantil (dari lahir hingga pubertas) dan nukleus dewasa (masa dewasa awal). (Jogi, 2009)



Gambar 7. Struktur Lensa (Jogi, 2009).

Lensa memiliki beberapa fungsi utama diantaranya; menjaga kejernihan dan transparansinya sendiri, mentransmisikan 80% cahaya, berperan atas 35% dari kekuatan refraksi mata, berakomodasi untuk penglihatan dekat, dan penyerapan sinar ultraviolet yang berbahaya (Jogi, 2009) (AAO, 2020).

2.2 OPASIFIKASI KAPSUL POSTERIOR (PCO)

Katarak merupakan penyebab utama kebutaan global usia 50 tahun keatas pada tahun 2020 (Lancet, 2021). Di Indonesia, menurut data nasional yang bersumber dari *Rapid Assessment of Avoidable Blindness (RAAB) 2014-2016* katarak juga merupakan penyebab utama kebutaan (77,7%). Prevalensi kebutaan akibat katarak ini pada penduduk umur lebih dari 50 tahun adalah sebesar 1,9%. (Pusdatin Kemenkes RI, 2018).

Katarak juga berdampak pada kesejahteraan dan produktivitas penyandanginya. Kebutuan karena katarak ini dapat disembuhkan, dan satu-satunya cara penanganannya adalah dengan intervensi bedah. Dan, komplikasi yang paling umum terjadi pada pasien setelah bedah katarak adalah kekeruhan pada kapsul lensa posterior atau PCO. (Wormstone, et al., 2020) (Tiwari & Kumar, 2020) (McDonald, 2021).

Ada dua bentuk kekeruhan kapsul posterior lensa pasca operasi katarak, yaitu *Visual Axis Opacification (VAO)* yang merupakan kekeruhan visual aksis pasca operasi katarak anak yang juga dilakukan *Primary Posterior Capsulotomy (PPC)* biasanya pada anak, dan bentuk kedua adalah *Posterior Capsul*

Opacification (PCO) yang merupakan kekeruhan kapsul posterior pasca operasi katarak dimana kapsul posterior dibiarkan utuh, tidak dilakukan PPC. (Catherine , et al., 2016) (Ujjowala & Mohan , 2014)

2.2.1 Defenisi

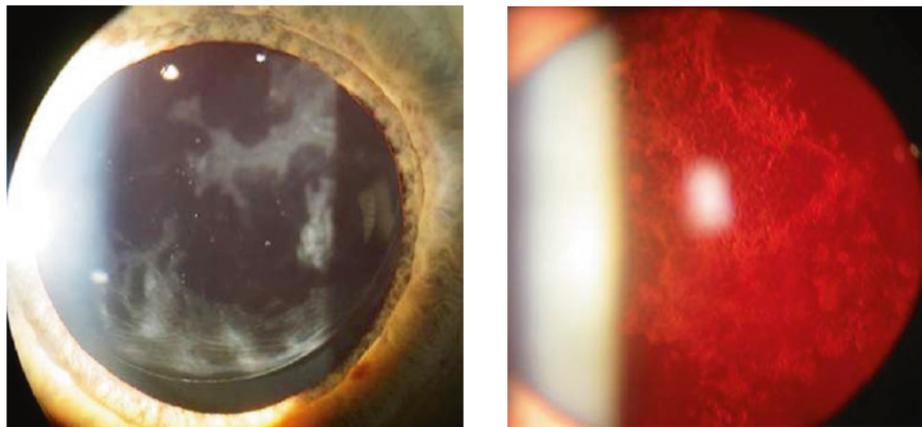
PCO disebut juga sebagai katarak sekunder. Kapsul posterior yang jernih hingga menjadi keruh berkembang setelah beberapa minggu hingga bertahun-tahun. Terjadi pada pasien pasca operasi, pasien yang lebih muda atau mereka dengan kondisi inflamasi okular memiliki risiko tertinggi. PCO merupakan hasil dari pertumbuhan dan proliferasi abnormal Lens Epithelial Cell (LEC) kapsul pada saat operasi katarak. (McDonald, 2021) (Gore , 2012) (AAO, 2020)

Teknik bedah katarak, material dan desain Intraocular Lens (IOL) telah terbukti berkaitan dengan kejadian PCO (Monteiro, et al., 2018). Setelah prosedur operasi katarak, lensa intraokular (IOL) diimplantasikan ke dalam kapsul lensa, sel-sel epitel lensa pada kapsul anterior tetap ada. Kelompok sel yang ulet ini kemudian bermigrasi ke kapsul posterior yang sebelumnya bebas sel sebagai bentuk respon penyembuhan luka. (McDonald, 2021) (Tiwari & Kumar, 2020)

Proliferasi dan migrasi sel epitel yang tersisa dapat membentuk gumpalan atau fibrosis pada kapsul posterior yang menyebabkan kekeruhan sehingga berkurangnya transparansi kantong kapsuler yang dapat memperburuk tajam penglihatan dan menyebabkan gangguan penglihatan pasca operasi katarak secara keseluruhan (Fusa, et al., 2021) (Soni, et al., 2016). PCO juga dapat mengurangi sensitivitas kontras, menyebabkan silau, dan diplopia monokular.

Gangguan penglihatan akibat PCO ini sama parahnya dengan katarak (Cinar, et al., 2019).

Perubahan selanjutnya terjadi pada matriks ekstraseluler dan organisasi selulernya yang mengakibatkan hamburan cahaya (terutama melalui kerutan kapsul) dan gangguan tajam penglihatan yang signifikan secara klinis. Transformasi fibroblastik terjadi dan dapat menyebabkan fibrosis kapsuler atau *Elschnig pearls*. (McDonald, 2021) (Vasavada, et al., 2013)



Gambar 8. PCO tipe fibrosis pada tampilan *slit lamp* (McDonald, 2021).

2.2.2 Epidemiologi

Salah satu prosedur operasi yang paling sering dilakukan di seluruh dunia adalah operasi katarak (Jick, et al., 2019). Di Inggris, dimana terdapat 330.000 operasi katarak dilakukan per tahun. Sejumlah komplikasi dapat terjadi pada pasien. Sekitar 20- 50% pasien mengalami PCO dan memerlukan perawatan lebih lanjut (Cooksley, et al., 2021).

Insidensi PCO terjadi sebanyak 11,8% pada tahun pertama, 20,7% pada tahun ketiga, dan 28,4% pada tahun kelima setelah operasi katarak. PCO berkaitan dengan usia, insidensinya rendah pada usia yang lebih tua. Perkembangan teknik operasi katarak, dan perubahan material dari lensa intra okular sudah mengurangi angka terjadinya PCO, namun hal ini masih menjadi masalah yang signifikan (Jick, et al., 2019) (Saika, et al., 2014) (Konopińska, et al., 2021) (Lu, et al., 2019).

Analisis ekonomi dari beban PCO menunjukkan bahwa di Amerika Serikat, prosedur kapsulotomi posterior laser Nd:YAG menelan biaya \$158.000.000 USD pada tahun 2003. Angka saat ini pada tahun 2020 akan lebih tinggi karena kenaikan populasi dan populasi yang menua (McDonald, 2021).

Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo melakukan penelitian dengan melakukan observasi rekam medis pada 578 mata (485 pasien) katarak senilis. Insidens kumulatif PCO dalam tiga tahun sebesar 8,82% (51 mata). Tindakan fakoemulsifikasi dilakukan pada 496 (85,8%) mata. Median waktu saat diagnosis PCO ditegakkan adalah 21 bulan, dengan rerata tajam penglihatan terbaik dengan koreksi $0,50 \pm 0,26$ (Ayuningtyas & Gondhowiardjo, 2015).

2.2.3 Patogenesis

Pada lensa kristalina normal, LEC terbatas pada permukaan anterior dan lengkung ekuator lensa. Sel A yang merupakan sel-sel yang membentuk satu garis kontinu saling berhubungan dengan sel E di ekuator lensa. Sel E terdiri dari sel-sel germinal yang mengalami mitosis, saat sel ini terlepas dari ekuator kemudian

akan membentuk serat kortikal perifer. Serat ini terus diproduksi di sepanjang kehidupan.

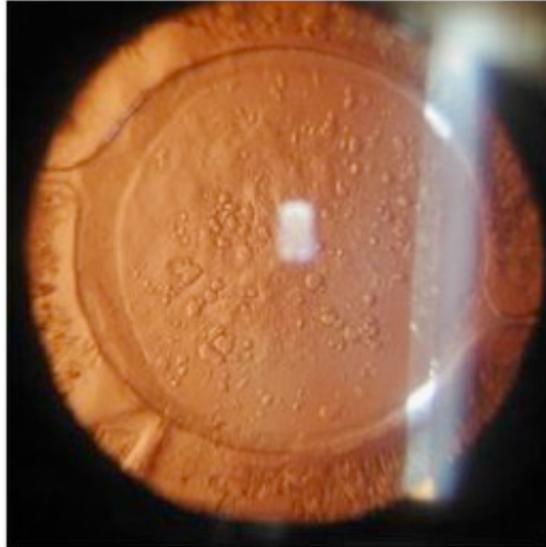
Sel A tidak bermigrasi, dan akan membentuk metaplasia jaringan fibrosa. Sel E di ekuator lensa cenderung bermigrasi sepanjang kapsul posterior dan membentuk lentikular di kapsul posterior. Sel-sel ekuator merupakan sumber utama terbentuknya PCO, terutama bentuk *Elschnig pearls*. Fibrosis pada kapsul posterior dikarenakan proliferasi dari Sel A atau metaplasia sel E yang bermigrasi ke kapsul posterior. (Ram & Brar, 2006) (Marcantonio & Vrensen, 1999) (Bhargava, 2014)

2.2.4 Klasifikasi

Secara klinis, PCO memiliki dua tipe yang berbeda, regeneratif (*Elschnig Pearls*) dan fibrotik.

1. Regeneratif / *Elschnig pearls*.

Tipe PCO regeneratif ini dianggap sebagai produksi serat lensa dari sel epitel lensa residual, tetapi hal ini masih diperdebatkan (McDonald, 2021). Lebih sering terjadi dan merupakan alasan utama penurunan fungsi penglihatan setelah implantasi IOL (Findl, et al., 2010)

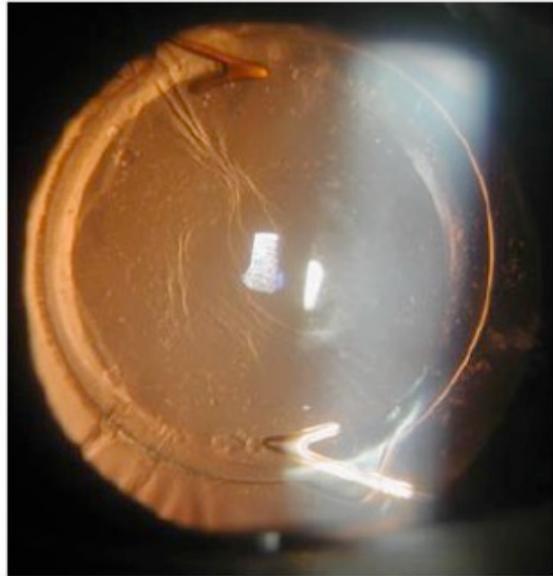


Gambar 9. Elschnig Pearls (Lee & Joo, 2014)

Sel E yang terletak di kapsul posterior mengalami proliferasi, secara morfologi berbentuk globular atau oval. Tingkat perkembangan dan regresi tiap mata sangat bervariasi. *Elschnig Pearls* saling berhubungan, terdapat *gap junction* dan memiliki struktur yang mirip dengan desmosom. *Elschnig pearls* bermigrasi dari perifer ke sentral kapsul posterior lensa. (Findl, et al., 2010) (Lee & Joo, 2014)

2. Fibrosis

Sel A terletak di tepi *rhexis* berpotensi mengalami metaplasia transisi mesenkim epitel oleh *myofibroblas* berbentuk kerutan, berkabut, seperti garis putih keabu-abuan, dan plak di permukaan kapsul posterior atau yang disebut sebagai fibrosis (Lee & Joo, 2014).



Gambar 10. Fibrosis PCO (Lee & Joo, 2014)

2.2.5 Tahap perkembangan PCO

1. Proliferasi

Proliferasi dimulai 3 hingga 4 hari setelah operasi katarak. Pengangkatan serat lensa selama operasi katarak dapat memicu terjadinya proliferasi dari LEC. Sisa korteks dapat memicu terjadinya proliferasi PCO. Melanosit dari iris dan sel yang dilepaskan oleh darah karena kerusakan *blood aqueous barrier* berperan sebagai awal terjadinya proliferasi PCO. IOL yang merupakan benda asing dapat memicu terjadinya proses inflamasi. Autokrin dan parakrin berperan dalam proliferasi LEC di kapsul posterior. Autokrin memicu residu LEC mengeluarkan berbagai sitokin yang mengontrol perkembangan PCO. Berbagai sitokin termasuk *Fibroblast Growth Factor (FGF)*, *Platelet Derived*

Growth Factor (PDGF), *Hepatocyte Growth Factor* (HGF), *Epidermal Growth Factor* (EGF), *Insulin Growth Factor*, *Transforming Growth Factor β* (TGF β), *Interleukin* (IL) 1 dan 6 berperan dalam pengaturan LEC secara invitro. FGF dalam akuos humor kelinci meningkat setelah operasi dan menstimulasi proliferasi LEC. Konsentrasi TGF β dalam akuos humor kelinci menurun setelah operasi dan kembali ke tingkat pra operasi setelah sekitar 30 hari. TGF β menginduksi *Epithelial-Mesenchymal Transitions* (EMT) dari LEC dan memicu produksi matriks ekstraseluler. (Raj, et al., 2007)

2. Migrasi

LEC bermigrasi menuju kapsul posterior dikarenakan adanya molekul seperti *Integrins Subunit*, *Cell Adhesion Molecule* (CAM) dan reseptor *Hyaluronan CD 44*. *Gly-Arg-Gly-Asp-Ser-Pro* (GRGDSP) RGD peptida menghambat perlekatan sel dan migrasi pada laminin dan fibronektin *Arg-Gly-Asp*. *Matriks Metalloproteinase* (MMPs) yang merupakan kelompok enzim proteolitik sangat berperan dalam migrasi sel dan penyembuhan luka. (Raj, et al., 2007) (McDonald, 2021)

3. Differensiasi

LEC memiliki kemampuan differensiasi normal dan abnormal. Differensiasi normal yaitu LEC mengarah pada pembentukan struktur *pearl like cell* dalam kapsul posterior yang dikenal sebagai sel *bladder*. Sel-sel *bladder* ini muncul diantara LEC pada saat pembentukan sel fibrotik pada lensa, dan dapat mengalami regresi dalam beberapa waktu. Sel ini memiliki

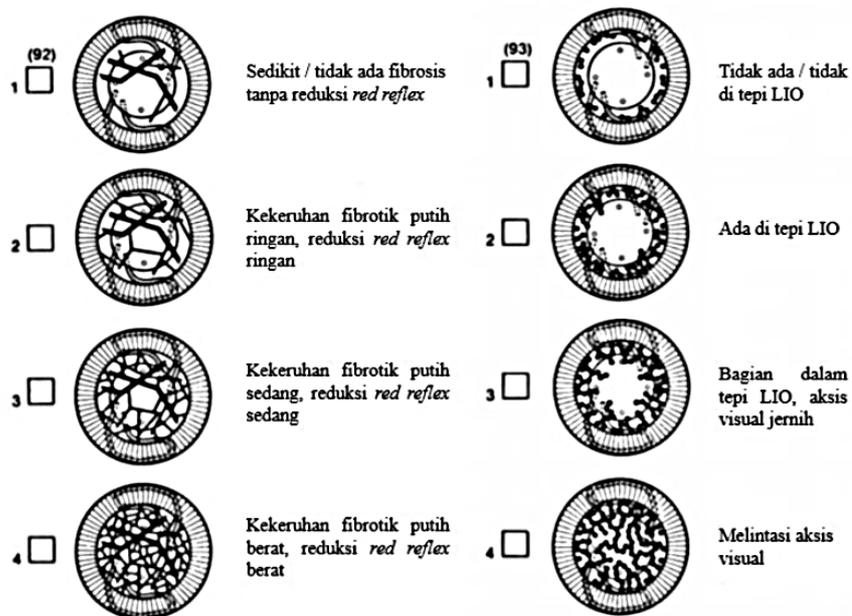
sitoplasma granular yang homogen dengan *pyknotic* dan tidak mengeluarkan α SMA yaitu protein yang digunakan sebagai marker formasi *myofibroblas*. (Raj, et al., 2007)

Diferensiasi abnormal berasal dari LEC yang terjadi dalam bentuk ECM. TGF β menginduksi ECM dari LEC dan FGF membantu kelangsungan hidup sel TGF β yang terkena. ECM dari LEC mengarah pada pembentukan sel-sel *myofibroblas* yang dapat terlihat pada α SMA. Pembentukan *myofibroblas* didapatkan pada sisa *Continuous Curvilinear Capsulorhexis* (CCC) di kapsul anterior. *Myofibroblas* yang mengeluarkan berbagai jenis protein dari ECM seperti fibronektin, kolagen tipe I, kolagen tipe III, kondroitin sulfat, dermatan sulfat dan keratan sulfat, yang terbentuk 4 hari setelah operasi. Wallentin *et al.*, 1998 menyimpulkan bahwa TGF β bekerja dan aktif pada minggu pertama setelah operasi katarak walaupun diketahui kadar TGF β menurun pada beberapa waktu ini. (Raj, et al., 2007) (McDonald, 2021)

2.2.6 Diagnosis PCO

Analisis akurat dari PCO diperlukan untuk menentukan derajat dari PCO serta memantau perkembangannya setelah mendapat terapi. Sistem yang digunakan untuk menganalisa PCO sangat beragam, mulai dari pengamatan dengan menggunakan *slitlamp* biomikroskop sampai analisis komputer yang lebih rumit dengan teknologi gambar digital (Aslam, et al., 2002). Menganalisa PCO diawali dengan kriteria klinis seperti ketajaman penglihatan, keluhan silau, dan gangguan sensitifitas kontras yang umumnya didapatkan pada pasien (Kruger, et al., 2000).

Sistem grading PCO dibedakan melihat adanya bentuk *Elschnig pearls* dan fibrosis. *Sellman* dan *Lindstorm* membagi derajat kekeruhan tipe fibrosis dan pearl menjadi 4, grade 1 tidak ada atau sedikit kekeruhan tanpa penurunan dari refleks fundus, atau tidak ada *elschnig pearl*, grade 2 yaitu kekeruhan ringan dengan penurunan refleks fundus dan *elschnig pearl* di tepi optik lensa intraokular, grade 3 kekeruhan tipe fibrosis yang sedang atau *Elschnig pearl* di dalam tepi lensa namun visual aksis jernih, dan grade 4 adalah fibrosis berat dengan *Elschnig pearl* menutupi aksis visual. (Sellman , et al., 1988)



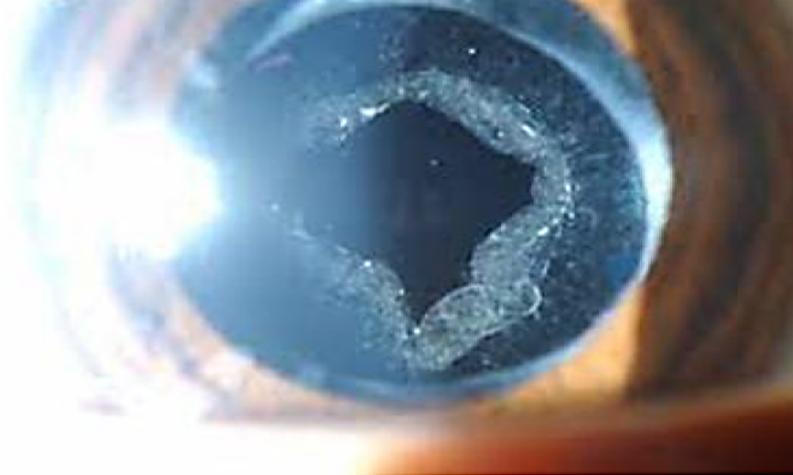
Gambar 11. Klasifikasi PCO, gambar kiri berdasarkan tingkat fibrosis, gambar kanan berdasarkan tingkat migrasi *pearl* (Sellman , et al., 1988)

Klasifikasi lain derajat PCO berdasarkan *Murali* dibagi menjadi grade 0 sampai 4, dimana grade 0 sama sekali tidak ada kekeruhan, grade 1 terdapat sedikit *epithelial pearls*, grade 2 terdapat *multiple discrete epithelial pearls*, grade

3 *multiple coalescent epithelial pearls*, dan grade 4 *epithelial pearls* yang tebal. Kruger dkk., menggunakan pembagian grade 0 sampai 3, dimana grade 0 tidak ada sama sekali, 1 sangat ringan, 2 sedang, dan 3 adalah kapsul yang putih dan tebal. (Aasuri , et al., 2006) (Na, et al., 2016) (Aslam, et al., 2002) (Kruger, et al., 2000)

2.3 KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG

Ketika PCO terjadi sedemikian rupa sehingga aksis visual terganggu, laser Nd:YAG (*Neodymium-doped Ytrium Alumunium Garnet*) (Y2.97Nd0.03Al5O12) digunakan untuk membuat bukaan melalui kapsul posterior. Prosedur ini disebut juga dengan kapsusulotomi posterior. Laser *solid-state* ini memancarkan panjang gelombang fokus divergensi rendah pada 1064 nm (*doping* 1% Nd). Pembiasan cahaya menghasilkan ionisasi dan pembentukan plasma di jaringan okular. Plasma yang terbentuk oleh gelombang akustik dan gelombang kejut dapat menghancurkan jaringan (Karahana, et al., 2014) (Bhattacharya, 2005). Kapsulotomi laser Nd:YAG adalah prosedur yang aman dan efektif untuk mengatasi PCO. *Best Corrected Visual Acuity* (BCVA) meningkat secara signifikan (Alam, 2018).



Gambar 12. Bukaan kapsulotomi laser Nd:YAG (Abbasi, et al., 2021)

Laser Nd:YAG bersifat fotodisruptif yang tidak bergantung pada pigmen, menggunakan energi tinggi pada spot yang kecil untuk durasi singkat dan sangat terkonsentrasi yang dapat menyebabkan peningkatan suhu lokal hingga 15.000 derajat Celcius. Gelombang kejut akustiknya menembus jaringan dan laser diarahkan fokus tepat di belakang kapsul (offset 250–350 μm) menggunakan sinar bidikan Helium-neon (Karahana, et al., 2014).

Pengaruh Nd:YAG laser terhadap jaringan:

1. Fotokoagulasi, jaringan tubuh yang terkena laser akan meningkat menjadi 37°-50 °C. Hal ini terjadi karena konversi energi cahaya menjadi energi panas sehingga terjadi denaturasi protein dan koagulasi pada jaringan.

2. Fotodisruptif, jaringan tubuh yang terkena laser akan meningkat dari 37°-15000 °C. Hal ini terjadi karena gelombang kejut hidrodinamik dan akustik dan secara mekanis merobek jaringan secara mikroskopis.
3. Dekomposisi fotoablatif, tidak terjadi kenaikan suhu dikarenakan sinar ultraviolet gelombang pendek.

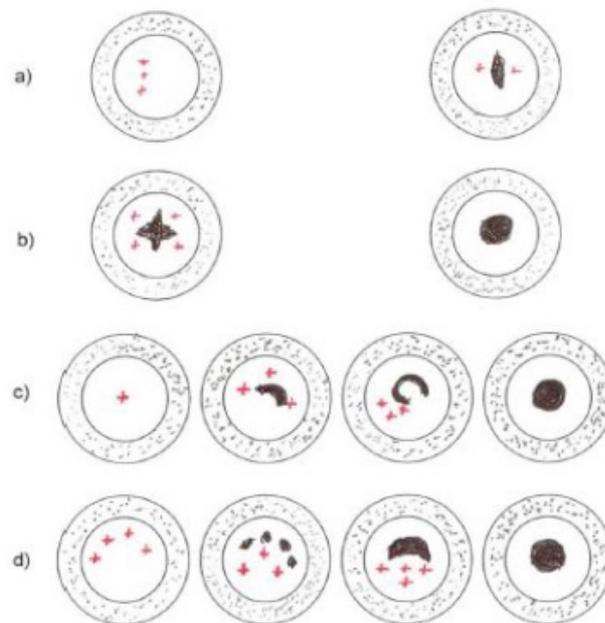
Dua jenis sinar Nd:YAG laser, yaitu *Q-switched* dan *Mode-Locked*. *Q-switched* mengompres energi dalam satu nanodetik dan energi yang di hasilkan lebih tinggi, sedangkan *Mode-Locked* menghasilkan energi dalam pikodetik dan energi yang rendah. Pada laser *Q-Switched* gunakan kekuatan 1-2,5 mJ/pulse sedangkan pada tipe laser *Mode-Locked* menggunakan kekuatan 3-5 mJ/pulse. (Steinert, 2013)

Sebagai langkah awal lensa kontak khusus dipasang dan akan memberi kesan besar pada sudut dan fokus untuk memungkinkan laser mengenai kapsul posterior. Sinar Nd:YAG laser menyebabkan vaporisasi dengan tepi menjadi karbonisasi disertai nekrosis koagulasi dan edem di perifer. (Halilović, 2012)

Teknik kapsulotomi yang paling sering digunakan adalah *Seaman's* sebagai berikut (Halilović, 2012) ;

1. *Vertical opening*, dimulai dari jam 12 sampai jam 6
2. *Horizontal opening*, dimulai dari jam 9 ke jam 6
3. *Concentric spreading*, dimulai dari perifer ke sentral
4. Fragmentasi, dengan melebarkan tepi membrane fibrosis.

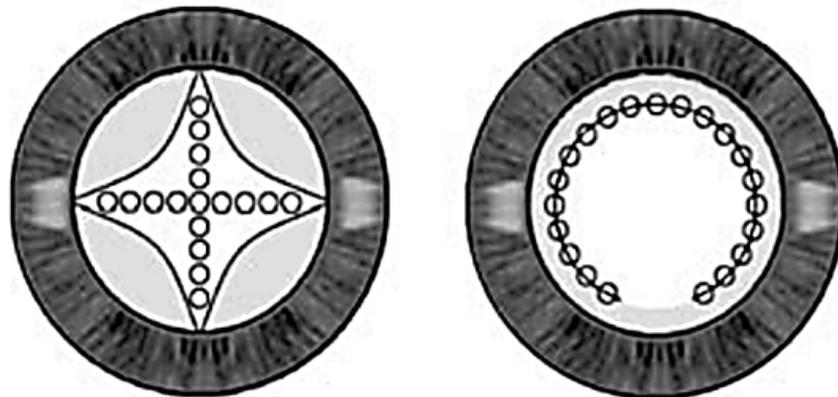
Energi laser yang tinggi menyebabkan ionisasi sehingga terjadi interaksi foton dan atom sehingga membuat gelombang radiasi yang kemudian merusak jaringan (Grey Morgan, 1975). Sinar laser dan jaringan dipengaruhi oleh panjang gelombang laser, waktu paparan, dan iradiasi (jumlah energi/unit area, Watt/cm²). Energi foton yang tinggi dapat menginduksi reaksi fotokimia. Penyerapan cahaya oleh jaringan dapat menghasilkan panas dan menyebabkan denaturasi termal. Plasma memediasi interaksi antara laser dengan kapsul posterior. Iradiasi foton menghasilkan membuat plasma menjadi panas dan mengalami penguapan, menghasilkan gelombang kejut dan gelembung yang membuat kapsul posterior rusak (Palanker, 2011).



Gambar 13. Teknik Kapsulotomi Seaman's (Halilović, 2012)

Diameter kapsulotomi yang optimal harus sama atau harus melebihi diameter pupil dalam kondisi skotopik ($3,9 \pm 0,5$ mm) dan tetap dalam batas IOL (Holladay, et al., 1985) (El-Saadani, et al., 2017).

Berbagai bentuk pola dan ukuran kapsulotomi laser Nd:YAG dapat digunakan. Pola *circular* dan *cruciate* paling sering diterapkan dengan ukuran bukaan 3-6 mm. Hal ini memberikan kelebihan dan kekurangan tertentu. (Yilmaz , et al., 2006) (Kara , et al., 2014)



Gambar 14. Pola *cruciate* dan *circular* (Kim & Park , 2012)

Pada pola *cruciate*, tembakan laser pertama diarahkan ke superior dekat jam 12 dan maju ke arah bawah menuju posisi jam 6, tembakan kemudian ditempatkan di tepi bukaan kapsul, maju ke lateral menuju arah jam 3 dan jam 9. Dalam pola *circular*, tembakan laser mulai dari posisi jam 6 dengan arah melingkar. Pola *cruciate* kapsulotomi posterior laser Nd: YAG dapat dilakukan dengan aman. Prognosis ketajaman visual lebih baik pada pola *circular* daripada *cruciate*. (Kim & Park , 2012)

Kontraindikasi untuk tindakan laser Nd:YAG ini adalah kelainan pada kornea seperti sikatrik, bentuk permukaan yang tidak rata atau edema yang dapat mengganggu

visualisasi untuk target laser, pasien yang sulit memfiksasikan mata pada satu titik, pasien dengan riwayat atau dicurigai memiliki *Cystoid Macular Edema (CME)*, terjadi proses inflamasi yang aktif pada intraokular, dan pasien dengan resiko tinggi terhadap terjadinya ablasi retina. (Steinert, 2013)

2.3.1 Komplikasi

Metode ini memiliki tingkat keberhasilan 95%, lebih cepat, relatif mudah, nyaman, dan tidak memerlukan rawat inap, namun masih ada kemungkinan terjadi komplikasi pasca tindakan. (Murtaza, et al., 2018) (Monteiro, et al., 2018) (Akmaz, et al., 2018). Berikut adalah komplikasi yang sering terjadi pasca kapsulotomi laser Nd:YAG antara lain;

1. Peningkatan TIO

Pasca kapsulotomi laser Nd:YAG peningkatan TIO adalah komplikasi yang paling umum terjadi (Selvi , et al., 2016).

2. Perubahan posisi IOL dan Refraksi

Ada beberapa laporan IOL yang bergeser setelah dilakukan tindakan laser Levy *et al.*, melaporkan dislokasi *implant hydrogel* ke vitreous pasca kapsulotomi laser Nd:YAG. Mereka menyatakan bahwa bukaan kapsulotomi yang lebih besar dapat menginduksi gerakan mundur yang lebih besar, serta merekomendasikan bukaan yang lebih kecil untuk mencegah terjadinya komplikasi ini. Fus, *et al.*, memaparkan terjadi perubahan sentrasi IOL, perpindahan aksial dan kemiringan setelah kapsulotomi laser Nd:YAG. (Levy , et al., 1990) (Findl, et al., 1999) (Fus, et al., 2021).

Terkait dengan diameter kapsulotomi, dilaporkan adanya pergeseran hiperopia lebih tinggi pada pasien dengan diameter kapsulotomi lebih besar dari 3,9 mm dibandingkan dengan diameter kapsulotomi yang lebih kecil. Pergeseran hiperopia progresif pada kelompok diameter kapsulotomi yang lebih besar. Direkomendasikan untuk resep kacamata baru setidaknya 1 atau 4 minggu setelah kapsulotomi laser Nd:YAG (Karahana, et al., 2014). Zaidi *et al.* juga mencatat pergeseran hiperopia signifikan setelah kapsulotomi laser Nd:YAG (Zaidi & Askari, 2000)

3. Kerusakan IOL/ *Pitting*

Hasan KS dkk. telah mencatat IOL *pitting* 19,8% dalam penelitiannya pada 86 mata dan Haris WS mencatat 11,7% tanda signifikan pada IOL selama kapsulotomi laser pada 342 mata. Khanzada *et al.* melaporkan 9,4% 30 dari 320 mata. Dalam semua kasus, kerusakan IOL ringan atau *pitting* kecil yang terjadi tidak mengganggu penglihatan. *Retro-focusing* dari sinar laser dapat mengurangi risiko kerusakan IOL. (Hasan, et al., 1996) (Khanzada, et al., 2008) (McDonald, 2021)

4. Iritis/Uveitis

Chambless, dalam penelitiannya dengan masa tindak lanjut rata-rata 7 bulan, menemukan uveitis anterior persisten pada 1,4% pasien (Chambless, 1985). Keates *et al.*, menemukan iritis persisten pada 0,4% dan vitritis pada 0,7% setelah 6 bulan (Keates, et al., 1984). Gore, juga melaporkan 33,5% pasien mengalami iritis setelah kapsulotomi Nd:YAG, manifestasinya berupa *cell* dan *flare* di bilik

mata depan pada pemeriksaan *slit lamp* (Gore , 2012).

5. Ruptur Membran Hyaloid Anterior.

Gokhan pekel *et al.*, mengemukakan Nd:YAG laser mempengaruhi kedalaman bilik mata depan, dikarenakan rupturnya hyaloid anterior sehingga terjadi pergerakan vitreus dan pergeseran IOL (Pekel, et al., 2014) (Meena & Saiyid , 2004). Emina Alimanović Halilović, juga melaporkan ruptur membran hyaloid anterior sebesar 19% dan dapat terjadi prolaps vitreus ke bilik mata depan. Prolaps vitreous ke dalam bilik depan dapat menyebabkan peningkatan TIO, edema makula, ruptur retina dan ablasio retina (Halilović, 2012)

6. *Cystoid Macular Edema* (CME)

CME dapat terjadi setelah prosedur bedah intraokular, trauma, dan berbagai kondisi inflamasi lainnya yang mempengaruhi retina. Pada kapsulotomi laser Nd:YAG, terjadi CME dikarenakan pergerakan kavum vitreous dan kerusakan vitreous, yang menghasilkan pelepasan mediator inflamasi. (Murrill , et al., 1995) (McDonald, 2021)

Karahan *et al.*, pada kelompok kapsulotomi berdiameter kecil dan besar dengan tingkat energi yang sama, sehubungan dengan ketebalan makula ditemukan bahwa tidak menunjukkan perbedaan sebelum operasi, 1 minggu, 4 minggu, atau 12 minggu pasca operasi. Perbedaan ini tidak signifikan secara statistik antar kelompok. Ketebalan makula rata-rata menurun ke tingkat pra operasi pada pengukuran 4 dan 12 minggu. (Karahan, et al., 2014)

7. *Retinal Tear dan Detachment*

Pasien dengan diameter kapsulotomi lebih besar mengalami pergeseran hyperopia dan berpotensi menyebabkan robekan retina dan ablasi retina (Karahana, et al., 2014).

8. Komplikasi lainnya

Nd:YAG laser dapat mempengaruhi jumlah endotel kornea, ketebalan kornea sentral dan kedalaman bilik mata depan (Stevanie, et al., 2020). Komplikasi lainnya, seperti glaukoma dikarenakan blok pupil, sindrom *misdirection aqueous*, *macular hole*, hingga endoftalmitis adalah komplikasi lain yang pernah dilaporkan (Gore , 2012).

2.4 DIAMETER KAPSULOTOMI POSTERIOR LASER Nd:YAG, DAN PENGARUHNYA TERHADAP KEDALAMAN BILIK MATA DEPAN, SUDUT IRIDOKORNEA, DAN LUARAN TAJAM PENGLIHATAN

Komplikasi yang paling umum terjadi pasca kapsulotomi laser Nd:YAG adalah peningkatan TIO. Hal ini terjadi akibat endapan debris di trabekular meshwork, blok pupil, inflamasi badan siliaris dan tertutupnya sudut iridokornea (Selvi , et al., 2016) (Pratima & Amit , 2019).

Terjadinya interaksi laser dengan jaringan pada tindakan kapsulotomi posterior laser Nd:YAG menghasilkan fotodisrupsi dan bukaan kapsul posterior. Partikel kapsul lebih banyak dilepaskan pada diameter kapsulotomi yang lebih besar sehingga peningkatan TIO lebih tinggi bila dibandingkan dengan kelompok kapsulotomi diameter kecil. Karahan dkk., memaparkan satu pasien (2,7%) dalam kelompok diameter kapsulotomi kecil dan tiga pasien (9,3%) dalam kelompok diameter kapsulotomi yang lebih besar mengalami peningkatan TIO setelah kapsulotomi laser Nd:YAG. Partikel kapsul yang lebih banyak dilepaskan dengan kapsulotomi yang lebih besar menjadi alasan untuk tingkat elevasi yang lebih tinggi pada kelompok kapsulotomi yang lebih besar (Karahan, et al., 2014) (Fus, et al., 2021) (Uzel, et al., 2018).

Beberapa penelitian melaporkan adanya peningkatan TIO pada 15-30% pasien, meskipun diberikan pengobatan profilaksis (Minello, et al., 2008) (Lin , et al., 2008). Berbeda dengan Shani *et al.*, dalam penelitiannya tidak ditemukan peningkatan TIO, dan dikemukakan bahwa pada mata pseudofakia yang sehat tidak menunjukkan adanya peningkatan TIO setelah kapsulotomi laser Nd:YAG (Shani , et al., 1994).

Ficker *et al.*, (31) mencatat dalam waktu 2-3 jam pasca laser kapsulotomi ada kecenderungan peningkatan TIO. Hal ini dikaitkan dengan energi yang digunakan lebih tinggi dari 1,5 mJ (Ficker & Steel , 1985). Semakin tinggi energi laser, semakin tinggi pulsasi laser, dan semakin tinggi pula insiden peningkatan TIO. Peningkatan TIO ini dapat mengancam penglihatan (Najam, et al., 2016). Namun peningkatan TIO dapat dikendalikan dengan terapi antiglaukoma (Gore , 1994).

Pasien dengan diameter kapsulotomi yang lebih besar memiliki peningkatan TIO yang lebih tinggi. Peningkatan ketebalan foveal sentral serupa pada kelompok kapsulotomi besar dan kecil, dan perbaikan ketajaman visual tidak dipengaruhi oleh ukuran kapsulotomi. (El-Saadani, et al., 2017)

Pasca kapsulotomi laser Nd:YAG, pergerakan IOL pada bidang horizontal dan vertikal menyebabkan desentralisasi, pergerakan pada bidang koronal menyebabkan kemiringan pada IOL, dan pergerakan ke belakang dan ke depan pada bidang aksial menyebabkan perubahan pada kedalaman bilik mata depan (Cinar, et al., 2019). Gerakan mundur pada IOL mengakibatkan bilik mata depan menjadi lebih dalam (Findl, et al., 1999).

Kedalaman bilik mata depan menurun dan sudut iridokornea meningkat secara signifikan setelah prosedur laser Nd:YAG. Penurunan kedalaman ruang anterior dapat mengakibatkan miopia (Bazaz, et al., 2020) (Zaidi & Askari , 2000). Dua penelitian lainnya pada literatur juga melaporkan penurunan yang signifikan dalam rata-rata kedalaman bilik mata depan setelah kapsulotomi Nd:YAG (Meena & Saiyid , 2004) (Zaidi & Askari , 2004). Sedangkan menurut Smith RT *et al.*, memaparkan tidak ada perubahan signifikan pada kedalaman bilik mata depan terkait hal ini (Smith, et al., 1995).

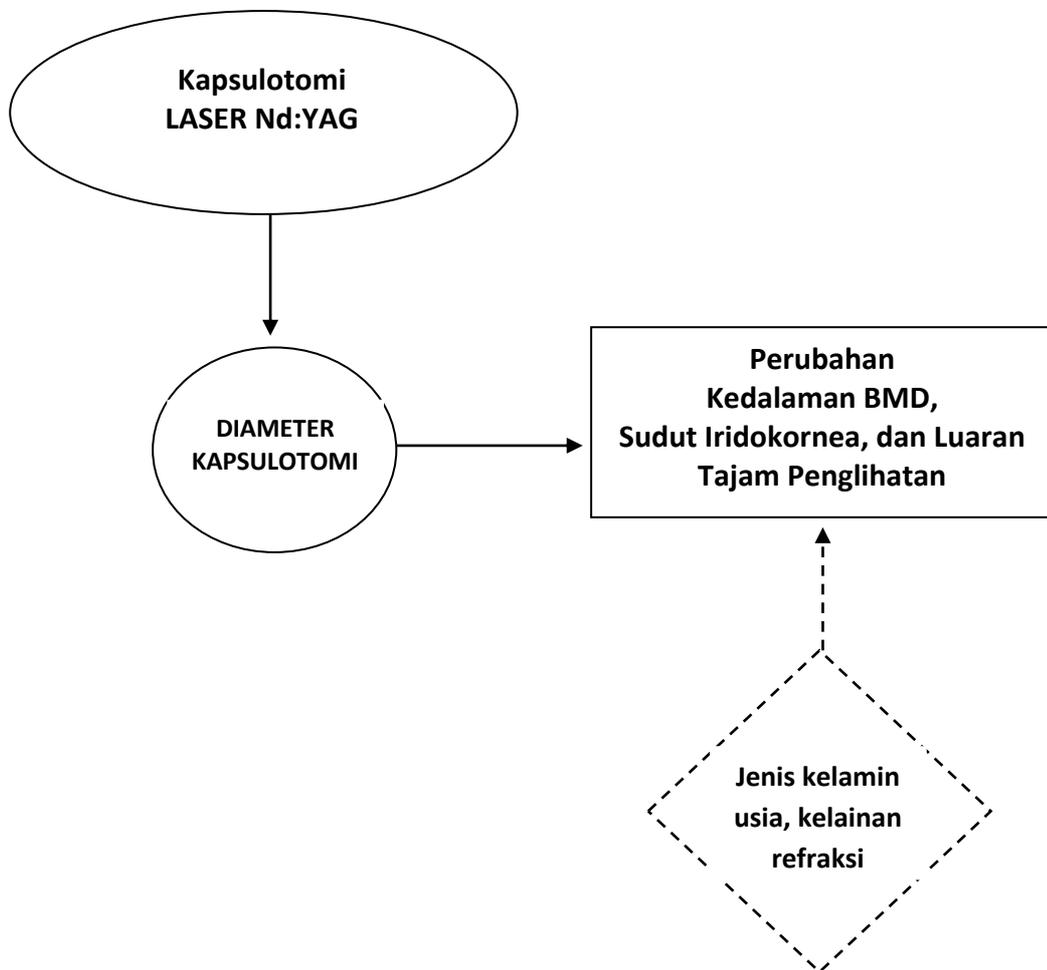
Nd:YAG laser mempengaruhi kedalaman bilik mata depan. Ditemukan hubungan ketebalan kornea sentral dengan kedalaman bilik mata depan tersebut. Namun, tidak ada hubungan antara besar dosis Nd:YAG laser dengan ketebalan kornea sentral dan kedalaman bilik mata depan. (Stevanie, et al., 2020)

Bukaan kapsulotomi berdiameter 3,5 mm dikaitkan dengan kemiringan dan desentralisasi IOL yang lebih sedikit dibandingkan dengan kapsulotomi yang berdiameter 4,0 mm. Diameter bukaan kapsulotomi posterior memiliki efek signifikan pada kemiringan dan desentralisasi IOL. Hal ini dapat menyebabkan *halo*, astigmatisme, dan HOA, menurunkan kualitas tajam penglihatan (Cinar, et al., 2019) (Çınar, et al., 2021).

Akmaz et al., pada penelitiannya didapatkan interaksi yang signifikan secara statistik antara sudut iridokornea dan diameter kapsulotomi. Besar sudut iridokornea meningkat pada kelompok dengan diameter kapsulotomi besar dan menurun pada kelompok diameter kapsulotomi kecil. Ia bahwa diameter kapsulotomi yang lebih besar diindikasikan untuk pasien dengan kecurigaan sudut iridokornea yang sempit. (Akmaz, et al., 2018).

Bertambahnya usia dan penurunan kedalaman bilik mata depan merupakan faktor penting yang terkait dengan penurunan sudut iridokornea dan volume bilik mata depan, meskipun korelasi komponen biometrik lainnya juga dievaluasi. Beberapa komponen ini, seperti kelengkungan kornea dan ketebalan lensa yang memiliki hubungan signifikan dengan kedua variabel tersebut. (Hashemi, et al., 2015)

2.6 KERANGKA KONSEP



Keterangan:

