

TESIS

**HUBUNGAN KETEBALAN LAPISAN RETINAL NERVE FIBER
LAYER (RNFL) DENGAN DEFEK LAPANG PANDANG PADA
PASIEN GLAUKOMA**

*THE RELATIONSHIP BETWEEN RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL) THICKNESS
AND VISUAL FIELD DEFECT IN GLAUCOMA PATIENTS*

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:

RACHMAWATI SAMAD

C102216203



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS
ILMU KESEHATAN MATA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**HUBUNGAN KETEBALAN RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL)
DENGAN DEFEK LAPANG PANDANG PADA PASIEN GLAUKOMA**

*THE RELATIONSHIP BETWEEN RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL)
THICKNESS AND VISUAL FIELD DEFECT IN GLAUCOMA PATIENTS*

TESIS

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

Program Studi

Ilmu Kesehatan Mata

Disusun dan diajukan oleh:

RACHMAWATI SAMAD

C102216203

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP-1)
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**HUBUNGAN KETEBALAN LAPISAN RETINA NERVE FIBER
LAYER (RNFL) DENGAN DEFEK LAPANG PANDANG PADA
PASIEIN GLAUKOMA**

Disusun dan diajukan oleh

Rachmawati Samad

Nomor Pokok : C10 2216 203

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

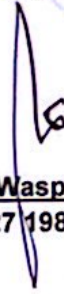
pada tanggal 20 Desember 2021


dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. dr. Noro Waspodo, Sp.M
NIP. 19610327 198803 1 002


dr. Andi Tenrisanna Devi Indira, Sp.M(K), M.Si, M.Kes
NIP. 19742721 200212 2 007


Ketua Program Studi,


Dr. dr. Habibah S. Muhiddin, Sp.M(K)
NIP. 19611215 198803 2 001


Dekan Fakultas Kedokteran,


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD, KGH, FINASIM., Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2 001

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis yang berjudul "HUBUNGAN KETEBALAN RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL) DENGAN DEFEK LAPANG PANDANG PADA PASIEN GLAUKOMA", adalah benar karya saya dengan arahan komisi pembimbing Dr.dr. Noro Waspodo, Sp.M sebagai pembimbing utama dan dr. Andi Tenrisanna Devi, Sp.M (K), MARS, Dr. dr. Burhanudin Bahar, MS sebagai pembimbing pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun 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 dai karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 27 Desember 2021



Rachmawati Samad
Rachmawati Samad
C102216203

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ini dapat disesuaikan dengan baik. Karya tulis berjudul “**HUBUNGAN KETEBALAN RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL) DENGAN DEFEK LAPANG PANDANG PADA PASIEN GLAUKOMA**”, diajukan dan disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Melalui kesempatan ini pula penulis dengan tulus dan rasa hormat menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua, Alm. H. Abdul samad dan Hj. Rosdiana atas setiap doa, kasih sayang, kesabaran, serta dukungan yang tidak pernah putus kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan ini.
2. Kakak dan adik-adik atas semua dukungannya.
3. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas kesediaannya menerima penulis sebagai peserta didik di Program Pendidikan Dokter Spesialis Universitas Hasanuddin.
4. Dr. dr. Noro Waspodo Sp.M, Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan sebagai guru panutan, orang tua, pembimbing kami baik dari saat mulai pendidikan hingga penulis menjalani proses pendidikan, dan menyelesaikan karya akhir ini.
5. dr. Andi Tenrisanna Devi Sp.M(K), MSi, M,Kes, selaku Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Sebagai pembimbing karya akhir dan panutan bagi penulis atas setiap waktu, tenaga, pemikiran serta bimbingan pada masa pendidikan dan dalam menyelesaikan penelitian.

6. Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS, selaku pembimbing statistik atas waktu dan ilmunya yang dicurahkan disela kesibukan sehingga penyusunan karya akhir ini terselesaikan.
7. dr. Muh. Abrar Ismail, Sp.M(K), M.Kes Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin selaku guru, serta penguji karya akhir kami, dengan banyak sekali bimbingan dan masukan untuk penyelesaian karya ini atas kepercayaan, dukungan dan nasehat bagi penulis, penguji karya akhir kami.
8. Dr. dr. Yunita, Sp.M(K), M.Kes Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin selaku guru, serta penguji karya akhir kami, dengan banyak sekali bimbingan dan masukan untuk penyelesaian karya ini
9. dr. Andi Muhammad Ichsan, Ph.D, Sp.M(K), selaku Ketua Departemen, Plt Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Mata dan Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, atas segala bimbingan, nasehat dan dukungan yang besar kepada penulius dalam menjalani masa pendidikan spesialis.
10. Dr.dr. Halimah Pagarra, Sp.M(K), Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan sebagai guru dan orang tua yang banyak memberikan dorongan dan dukungan terhadap penulis selama pendidikan ini.
11. Dr. dr. Habibah S. Muhiddin, Sp.M(K), Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin sebagai guru dan orang tua yang banyak memberikan dorongan dan dukungan terhadap penulis selama pendidikan ini.
12. Dr. dr. Batari T. Umar. Sp.M(K), Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan sebagai guru dan orang tua yang banyak memberikan dorongan dan dukungan terhadap penulis selama pendidikan ini.
13. dr. Hasnah. Sp.M(K), Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan sebagai guru dan orang tua yang banyak memberikan dorongan dan dukungan terhadap penulis selama pendidikan ini.

14. dr. Noor Syamsu, Sp.M(K) selaku Dosen Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin serta pembimbing akademik penulis selama menjalani Program Pendidikan Dokter Spesialis Mata Universitas Hasanuddin.
15. Seluruh staf Departemen Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan juga kepada guru-guru kami, Prof. Dr. dr. Rukiah Syawal, Sp.M(K), dr. Rahasiah Taufik, Sp.M(K), dr. Hamzah, Sp.M(K),, dr. Suliati P. Amir, Sp.M,Med.Ed, Dr. dr. Purnamanita Syawal, Sp.M,M.Kes, dr. Muliastnaeny, Sp.M, dr. Andi Senggeng Relle, Sp.M(K), MARS, Dr. dr. Marliyanti N. Akib, Sp.M(K),M.Kes, dr. Soraya Taufik, Sp.M, M.Kes, dr. Ruslinah HTM, Sp.M, dr. Azhar Farid, Sp.M, M.Kes, dr. Ahmad Ashraf, Sp.M(K), MPH, dr. Adelina T. Poli, Sp.M, dr. Ririn Nislawaty, Sp.M, M.Kes, dr. Ratih Natasya, Sp.M, M.Kes, dr. Nursyamsi, Sp.M, M.Kes, dr. Andi Pratiwi, Sp.M, MKes, dr. Andi Akhmad Faisal, Sp.M,M.Kes, dr. Rani Yunita Patong, Sp.M, dr. Andi suryanita Tadjuddin, Sp.M, dr. Idayani Panggalo, Sp.M, dr. Muh. Irfan Kamaruddin, Sp.M,MARS dan dr. Dyah Ayu Windy, Sp.M atas segala bentuk bimbingan, nasehat dan setiap kesempatan yang telah diberikan dalam proses pendidikan. Semoga ilmu yang diajarkan dapat menjadi ilmu yang bermanfaat bagi semua.
16. Rekan-rekan staff poliklinik dan staff kamar operasi RS. Pendidikan Universitas Hasanuddin, RSUP. Wahidin Sudirohusodo, JEC-ORBITA Makassar serta Rumah Sakit jejaring atas segala bantuan selama pendidikan saya.
17. Kepada saudara seangkatan **“8 Ball”**: dr. Deby Trisnawaty Mansyur, dr. Sri Handayani, dr. Indra Permatasari Azman, dr. Sultan Hasanuddin, dr. Margaret Indirawati, Sp.M, dr. Fitri Annur Chikmah dan dr. Muh. Affan, Sp.M terimakasih telah banyak membantu dan menyertai perjalanan ini, menjadi saudara dalam suka maupun duka sejak awal menjalani Pendidikan dokter spesialis hingga saat ini.

18. Seluruh senior dan junior teman sejawat peserta PPDS Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yang telah selalu memberikan semangat, segala bentuk dukungan dan kerja samanya selama penulis menjalani pendidikan ini.
19. Terima kasih yang tak terhingga pula penulis sampaikan kepada seluruh Staff Administrasi Departemen Ilmu Kesehatan Mata yang selama ini begitu banyak membantu selama proses pendidikan berjalan serta dalam penyelesaian penelitian dan karya akhir ini, terkhusus kepada ibu Endang Sri Wahyuningsih, SE, Mutmainnah Burhanuddin, Nurul Puspta, Masita dan Sudirman yang selalu siap membantu.

HUBUNGAN KETEBALAN *RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL)* DENGAN
DEFEK LAPANG PANDANG PADA PASIEN GLAUKOMA

Rachmawati Samad¹, Noro Waspodo¹, Andi Tenrisanna Devi¹, Burhanudin¹

ABSTRAK

Latar belakang: Sensitivitas lapang pandang tiap titik dilaporkan berkorelasi signifikan dengan ketebalan kuadranal *Retinal Nerve Fiber Layer (RNFL)*.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan ketebalan RNFL dengan defek lapang pandang pada pasien Glaukoma.

Metode: Penelitian dengan studi *cross sectional* mengenai hubungan ketebalan RNFL dengan defek lapang pandang pada pasien glaukoma. Dilakukan penilaian ketebalan RNFL pemeriksaan *Ocular Coherence Tomography (OCT) spectral domain* dan lapang pandang dengan pemeriksaan Humphrey serta pemeriksaan tekanan intraocular (TIO).

Hasil: Pada penelitian ini didapatkan sampel akhir 92 mata dari 67 pasien glaukoma. Perbandingan Ketebalan RNFL antara PACG dan POAG, dari seluruh kuadran tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara dua kelompok (PACG dan POAG) dengan nilai masing-masing P value >0,05. Perbandingan defek lapang pandang antara PACG dan POAG, kelompok PACG defek lapang pandang lebih rendah (-11.11) dibandingkan kelompok POAG (-11.49). Namun secara statistik tidak terdapat perbedaan signifikan pada defek lapang pandang antara PACG dan POAG dimana nilai P 0,888. Terdapat korelasi antara ketebalan RNFL dengan defek lapang pandang di setiap kuadran menunjukkan adanya hubungan antara ketebalan serabut saraf retina dengan lapang pandang pada pasien glaukoma. Kuadran Superior (R 0.431, P 0.000) dan Inferior (R 0.470, P 0.000) memiliki kekuatan hubungan lebih kuat dibandingkan dengan kuadran Temporal dan Nasal. Terdapat hubungan antara hasil pengukuran lapisan RNFL pada kuadran Superior (R -0.303, P 0.003) dan Inferior (R -0.223, P 0.033) dengan peningkatan tekanan intraokular dan kuadran Superior dan Inferior merupakan sektor lapisan serabut saraf retina yang lebih dahulu akan mengalami penipisan atau penurunan tingkat ketebalan saat terjadi peningkatan tekanan intraokular pada pasien glaukoma.

Kesimpulan: Dari penelitian, kami menyimpulkan bahwa terdapat hubungan antara ketebalan lapisan serabut saraf retina dengan gangguan lapang pandang. Terdapat hubungan antara penurunan ketebalan RNFL dengan peningkatan TIO pada pasien glaukoma.

Kata kunci: Glaukoma, Lapisan Serabut Saraf Retina, Tekanan Intra Okular.

RELATIONSHIP OF RETINAL NERVE FIBER LAYER (RNFL) THICKNESS
WITH
VISUAL FIELD DEFECTS IN GLAUCOMA PATIENTS

Rachmawati Samad¹, Noro Waspodo¹, Andi Tenrisanna Devi¹, Burhanudin¹

ABSTRACT

Background: The visual field sensitivity of each point is reported to be significantly correlated with the quadrantal thickness of Retinal Nerve Fiber Layer (RNFL)

Objective: This study aimed to determine the relationship between RNFL thickness and visual field defects in glaucoma patients.

Methods: A cross sectional study on the relationship between RNFL thickness and visual field defects in glaucoma patients. RNFL thickness was assessed by spectral domain Ocular Coherence Tomography (OCT) examination and visual field by Humphrey examination and intraocular pressure (IOP)

Results: This study obtained a final sample of 92 eyes from 67 glaucoma patients. Comparison of RNFL thickness between PACG and POAG, from all quadrants there was no statistically significant difference between the two groups (PACG and POAG) with each P value >0.05 . Comparison of visual field defects between PACG and POAG, the PACG group had a lower visual field defect (-11.11) than the POAG group (-11.49). However, there was no statistically significant difference in visual field defects between PACG and POAG with P value of 0.888. There was a correlation between the thickness of RNFL and visual field defects, in each quadrant there was a relationship between the thickness of RNFL and visual field in glaucoma patients. The superior (R 0.431, P 0.000) and inferior (R 0.470, P 0.000) quadrants had a stronger relationship strength compared to the temporal and nasal quadrants. There is a relationship between the measurement results of RNFL in the superior (R -0.303, P 0.003) and inferior (R -0.223, P 0.033) quadrants with increased IOP and the superior and inferior quadrants are the sectors of RNFL that will first be thinning or decreasing the level of thickness when there is an increase in IOP in glaucoma patients.

Conclusion: From the study, we conclude that there is an association between RNFL thickness and visual field impairment. There is an association between decreased RNFL thickness and increased IOP in glaucoma patients.

Keywords: Glaucoma, Retinal Nerve Fiber Layer, Intraocular Pressure.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Anatomi	10
2.2. Glaukoma	12
2.3. Optical Coherence Tomography (OCT)	19
2.4. Analisis Humphrey Visual Field	27
2.5. Kerangka Teori	41
2.6. Kerangka Konsep	42
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1 Rancangan Penelitian	43
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	43
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	43
3.4 Ijin Penelitian dan Kelayakan Etik	46
3.5 Identifikasi Variabel	46
3.6 Definisi Operasional	47
3.7 Sarana Penelitian	48
3.8 Teknik Pengumpulan Data	49
3.9 Analisis Data	49
3.10 Penyajian Data	50
3.11 Hipotesis Penelitian	51
3.12 Alur Penelitian	52

BAB IV HASIL PENELITIAN	53
Tabel 1. Karakteristik Sampel Menurut Jenis Kelamin dan Usia	53
Tabel 2. Karakteristik Sampel Lateralisasi, Jenis dan Derajat Glaukoma, tekanan intraokular, lapisan serabut saraf retina dan Defek lapang pandang	54
Tabel 3. Perbandingan Ketebalan Lapisan RNFL antara PACG dan POAG	56
Tabel 4. Perbandingan Defek Lapang Pandang antara PACG dan POAG	57
Tabel 5. Korelasi Ketebalan Lapisan RNFL dengan Defek Lapang Pandang.....	58
Tabel 6. Korelasi Ketebalan Lapisan RNFL dengan Tekanan Intraokular	60
 BAB V PEMBAHASAN	 63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83
DAFTAR PUSTAKA	84

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Masalah mata merupakan masalah kesehatan di seluruh dunia karena mata merupakan organ sensoris yang sangat vital. Gangguan penglihatan diperkirakan diderita oleh 285 juta orang di dunia, dimana 246 juta mengalami *low vision* dan 39 juta mengalami kebutaan dimana glaukoma (2.78%) merupakan penyebab kebutaan kedua setelah katarak di seluruh dunia termasuk di Indonesia (WHO, 2012). Saat ini terdapat 67,5 juta populasi dunia menderita glaukoma dan akan terus bertambah seiring bertambahnya usia. Diperkirakan akan mencapai angka 79,6 juta pada tahun 2020 (Tham et al., 2014).

Prevalensi kebutaan di Indonesia mencapai 1,5% dengan 13,4% disebabkan oleh glaukoma (KEMKES, 2010). Berdasarkan data aplikasi *SIRS online*, jumlah kunjungan glaukoma pada penderita rawat jalan di RS selama tahun 2015-2017 mengalami peningkatan. Sementara itu jumlah kasus glaukoma di RS Mata Unhas data tahun 2019 sebanyak ± 100 .

Glaukoma adalah penyakit neurodegeneratif dari nervus optik yang terjadi dengan variasi staging yang berkelanjutan. Karakteristiknya berupa kematian sel ganglion retina yang cepat, selanjutnya hilangnya akson, dan gangguan nervus optik hingga terjadi kehilangan lapang pandang (Weinreb et al., 2004). Glaukoma

diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu glaukoma primer, glaukoma sekunder dan glaukoma kongenital.

Pada tahap awal penyakit Glaukoma, kerusakan struktural tampaknya mendahului hilangnya fungsional yang terdeteksi secara perimetrik (*Tenkumo et al.*, 2013). Kerusakan struktural diantaranya ditandai dengan penipisan lapisan serat saraf retina (*RNFL*) dan kerusakan fungsional ditandai dengan kehilangan lapang pandang (*Kanamori et al.*, 2008).

Pada progresifitas neuropati optik seperti pada glaukoma terjadi penipisan *RNFL* peripapil. Beberapa keadaan patologis yang mengakibatkan kelainan pada *RNFL* peripapil diantaranya peningkatan tekanan intraokular (TIO) (*Levin*, 2005; *Henderson et al.*, 2010). Peningkatan TIO pada penderita glaukoma menyebabkan kompresi langsung terhadap serat-serat akson, struktur penyokong pada nervus optik anterior, kerusakan lempeng lamina kribosa, serta terganggunya aliran aksoplasmik yang berakhir dengan dengan terjadinya kematian sel-sel ganglion, sehingga terjadi penipisan *RNFL* retina.

Kerusakan sel ganglion dan aksonnya, yang akhirnya menyebabkan penipisan *RNFL* peripapil berkorelasi terhadap penurunan fungsi lapang pandang. Kerusakan sel ganglion retina ini terjadi paling awal sebelum terjadinya perubahan *cup disc ratio* atau defek lapang pandang (*Rao et al.* 2012; *Sung et al.* 2009; *Schuman et al.*, 1995).

Adanya defek lapang pandang pada *perimetri* menunjukkan telah terjadi kerusakan sel ganglion retina sebesar 25% sampai 35% sehingga pemeriksaan ini

tidak dapat digunakan untuk mendeteksi dini kerusakan nervus optik. Maka diperlukan korelasi pemeriksaan secara struktural dan fungsional dalam mendeteksi secara dini penyakit glaukoma (*Rao et al., 2012; Budenz et al., 2007*).

Ada beberapa teknologi pencitraan dari penipisan *RNFL* yang saat ini digunakan. Namun dari penelitian sebelumnya menyarankan pemeriksaan *RNFL* menggunakan *Optical Coherence Tomography (OCT)* yang terbaik (*Wu et al., 2015; Bowd et al., 2007*). OCT diperkenalkan pada tahun 1991 sebagai alat yang mampu menilai morfologi retina secara kuantitatif dan kualitatif (*Lumbaroso dan Rispoli, 2009*).

Optical Coherence Tomography (OCT) merupakan modalitas pemeriksaan yang digunakan untuk melihat gambaran potong lintang retina dengan gambaran mikro strukturnya. Alat yang tidak invasif ini dapat digunakan sebagai pendeteksi dini kelainan yang mengubah morfologi retina termasuk *RNFL* peripapil, makula dan nervus optik (*Lumbaroso dan Rispoli, 2009*).

OCT *RNFL* menunjukkan spesifisitas dan sensitivitas yang baik dalam mengukur ketebalan serabut saraf retina. *Medeiros et al. (2009)*, melaporkan sensitivitas stratus OCT 71% untuk ketebalan rata-rata serabut saraf retina dan sensitivitas GDX VCC 61% untuk index serabut saraf pada spesifisitas 95%, meskipun perbedaan ini secara statistik tidak signifikan (*Kaushik S, 2006*).

OCT saat ini sudah sangat berkembang, mulai dari *Time Domain (TD)* OCT dan yang terakhir adalah *Spektral Domain (SD)* OCT. SD-OCT ini memiliki kelebihan kualitas scan yang lebih baik dan variasi hasil scan yang lebih kurang

dibanding dengan TD-OCT. Dengan resolusi yang sangat ditingkatkan dan pengurangan waktu pemindaian dibandingkan dengan versi yang lebih tua dari teknologi ini, SD-OCT telah meningkatkan produktivitas pengukuran dan mungkin kemampuan untuk mendeteksi perubahan kecil dalam ketebalan *RNFL* (Akman *et al.*, 2018).

Teknik pemeriksaan dari perubahan fungsional pada Glaukoma yaitu defek lapang pandang diukur dengan *Standard Automated Perimetry* (SAP) menggunakan parameter *Humphrey Visual Field Analysis* (HVFA). HVFA adalah perangkat standar perimetri otomatis yang saat ini digunakan di seluruh dunia, untuk mendeteksi dan memantau penderita dengan dugaan kerusakan lapang pandang. Selama bertahun-tahun, metode standar untuk melakukan pengukuran disfungsi visual pada kerusakan glaukoma dilakukan dengan menilai lapang pandang menggunakan perimetri klinis, yang mengukur sensitivitas diferensial cahaya, atau kemauan subjek untuk membedakan stimulus dari sebuah latar belakang yang sama (Louis *et al.*, 2019).

Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dari peningkatan TIO dengan penipisan *RNFL* pada penderita glaukoma. Penelitian Medeiros *et al.*, (2009) menunjukkan tingkat TIO yang lebih tinggi secara signifikan terkait dengan kehilangan *RNFL* progresif yang dideteksi oleh polarimeter laser pemindaian *GDX ECC*. Selain itu dalam penelitian Kim *et al.* (2019) menunjukkan besarnya penipisan *RNFL* secara positif dikaitkan dengan peningkatan TIO pada penderita glaukoma sebelum operasi.

Sedangkan Korelasi *RNFL* dengan defek lapang pandang telah banyak dilaporkan dalam literatur. Beberapa penelitian menunjukkan hasil bahwa ketebalan *RNFL* dari kuadran-kuadran diskus optik akan berkorespondensi terhadap pola defek lapang pandang. Penelitian oleh *Lutaka et al.* (2017) meneliti korelasi *visual field index* (VFI) dengan pengukuran struktural dan fungsional dari diskus optik pada penderita POAG dan suspek glaukoma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VFI menampilkan korelasi positif yang kuat ($R = 0,956$) dengan *MD* dan korelasi negatif yang lemah dengan PSD ($R = -0.744$). Penelitian *El-Naby et al.* (2018) juga melaporkan korelasi kuat antara rerata ketebalan *RNFL* dengan *MD* pada *Humphrey* ($R = 0,861, 0 < 0,001$) namun tidak melaporkan korelasinya dengan parameter lainnya.

Penelitian *Leite et al.* (2012) yang menggunakan area korespondensi *Garway-Heath et al.* (2000) dalam mengevaluasi hubungan ketebalan *RNFL* dan sensitifitas lapang pandang yang berkoresponden. *RNFL* diukur dengan menggunakan *Cirrus SD-OCT*. Sensitivitas lapang pandang tiap titik dilaporkan berkorelasi signifikan dengan ketebalan kuadranal *RNFL*. Penelitian *Leite et al.* (2012) menunjukkan bahwa seluruh kuadran kecuali pada kuadran nasal berkorelasi kuat dengan pola defek lapang pandang *SAP*.

Pengukuran dengan menghubungkan kerusakan struktural dan fungsional sangat penting dalam mendiagnosis, menentukan stadium, dan memantau penderita glaukoma. Selain itu, ini dapat memberikan pemahaman tambahan tentang glaukoma mengenai bagaimana fungsi visual bereaksi sesuai dengan

tingkat kerusakan struktural (*Leite et al., 2012; Wu, et al., 2015; Lutaka et al., 2017*).

Kontrol terhadap tingkat TIO pada penderita glaukoma juga penting dalam memantau penderita glaukoma. Tekanan intraokular tinggi (TIO) merupakan faktor resiko utama dalam peningkatan dan perkembangan glaukoma (*Bengtsson et al., 2007; Gordon et al., 2002*). Sehingga penurunan TIO adalah salah satu pengobatan yang efektif untuk glaukoma (*Kass et al., 2002*), dimana kerusakan glaukoma umumnya ireversibel, sehingga tujuan pengobatan penurunan TIO bukanlah perbaikan, melainkan pencegahan atau perlambatan, perkembangan penyakit. *Diniz-Filho (2016)* tingkat TIO yang lebih tinggi selama masa follow up dikaitkan dengan tingkat kehilangan RNFL yang lebih cepat dari waktu ke waktu yang diukur oleh SD-OCT. Temuan ini mendukung penggunaan pengukuran ketebalan SD OCT RNFL sebagai biomarker untuk mengevaluasi kemanjuran terapi penurunan TIO untuk memperlambat laju progres penyakit.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini peneliti ingin meneliti bagaimana hubungan antara penurunan ketebalan RNFL dengan penurunan lapang pandang pada penderita glaukoma. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menunjukkan pentingnya peranan OCT dan defek lapang pandang Humphrey sebagai instrumen diagnosis awal dan penentuan prognosis pada glaukoma.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang sebelumnya, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut, Bagaimana hubungan ketebalan RNFL dengan defek

lapang pandang pada penderita glaukoma di RS Mata Universitas Hasanuddin dan RS Tadjuddin Chalid Makassar ?

I.3. Tujuan Penelitian

I.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan ketebalan *RNFL* dengan defek lapang pandang pada penderita glaukoma di RS Mata Universitas Hasanuddin dan RS Tadjuddin Chalid Makassar.

I.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui keadaan tekanan intraokular pada penderita glaukoma.
2. Mengetahui keadaan ketebalan *RNFL* dengan teknik OCT pada penderita glaukoma.
3. Mengetahui keadaan defek lapang pandang dengan teknik SAP parameter Humphrey pada penderita glaukoma.
4. Mengetahui hubungan peningkatan tekanan intraokular terhadap ketebalan *RNFL* pada penderita glaukoma.
5. Mengetahui hubungan kesesuaian antara ketebalan *RNFL* dengan defek lapang pandang pada penderita glaukoma.

I.4. Manfaat Penelitian

I.4.1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai perubahan ketebalan lapisan serabut saraf retina peripapil, defek lapang pandang dan mengenai besarnya tekanan intraokular sebagai faktor resiko utama dalam mengurangi progresifitas glaukoma.

I.4.2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan masukan bagi RS Mata Universitas Hasanuddin dan RS Tadjuddin Chalid Makassar dalam melakukan diagnosis dan prognosis pada penderita glaukoma. Sehingga diharapkan digunakan sebagai bahan acuan dalam melakukan deteksi dini penderita glaukoma dan melakukan intervensi yang tepat guna meningkatkan pelayanan rumah sakit.

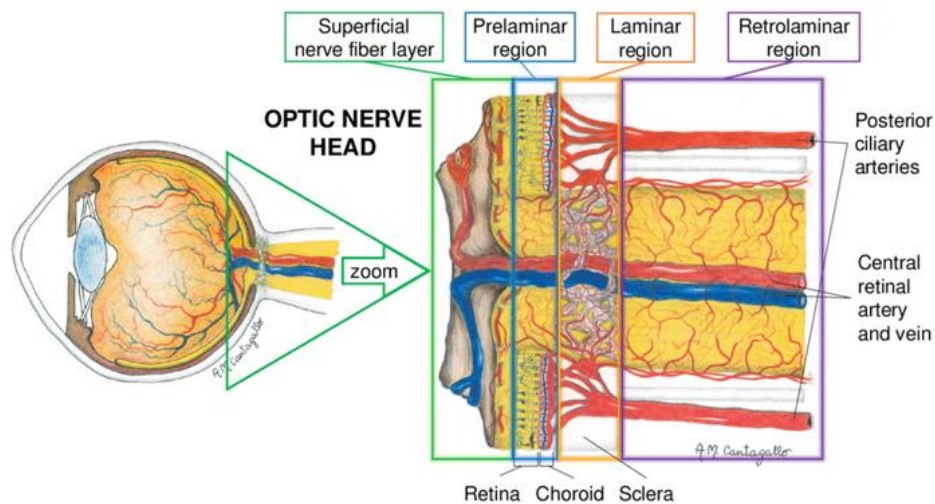
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Anatomi

II.1.1. Anatomi Papil Nervus Optik

Papil nervus optik juga dikenal sebagai diskus optik atau papil, yang digambarkan oleh cincin *scleral peripapillary* dari *Elschnig*, sebuah band putih yang memisahkan papil nervus optik dari retina peripapillary. Bagian ini merupakan tempat utama kerusakan aksonal pada glaukoma. Papil nervus optik merupakan bagian paling anterior nervus optik dan merupakan tempat terjadinya banyak kelainan kongenital ataupun kelainan mata yang didapat. Papil nervus optik dapat dibagi menjadi 4 bagian yaitu RNFL, *prelaminar*, *laminar* dan *retrolaminar* (*Maresco & Gandham, 2002*).



Gambar 1. Anatomi dan Vaskularisasi Nervus Optik (*Prada, 2016*).

Lapisan serabut saraf retina superfisial adalah bagian paling anterior dimana serabut saraf berkontak dengan vitreous. Secara histopatologi dan klinis serabut saraf berbatasan dengan scleral ring, dimana bagian posterior dari *RNFL* superfisial diketahui sebagai titik dari tiap bundel akson. Bagian prelaminar dari papil optik merupakan segmen dari akson yang dikelilingi oleh lapisan retina luar, koriokapilaris, dan koroid, secara struktur komponen astroglial sangat meningkat dibandingkan *RNFL* superfisial. Pada bagian laminar terdapat lamina cribrosa, *the glial-wrapped axon bundles* dibatasi oleh poros yang kaku dari laminar scleral plate. Laminar posterior sampai dengan retrolaminar ketebalannya dua kali lipat karena adanya *the glial wrapped axon bundles* (Stamper et .al, 2009).

II.1.2. Anatomi Retinal Nerve Fiber Layer

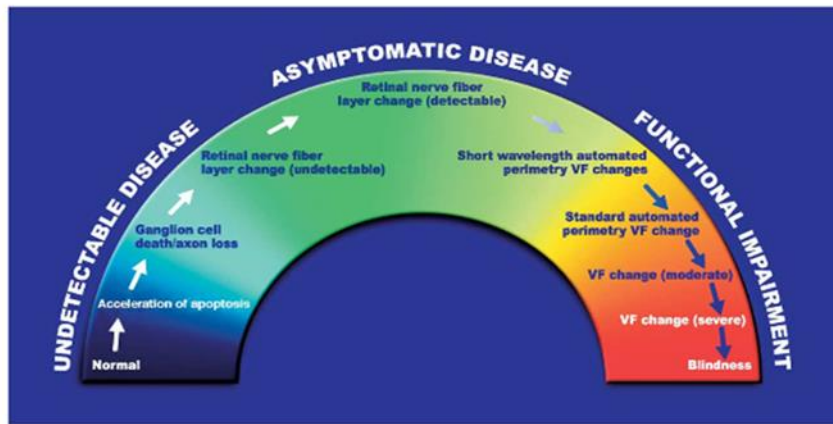
Retinal Nerve Fiber Layer (RNFL) adalah lapisan retina yang terletak dibawah *internal limiting membrane* dan merupakan perpanjangan dari sel ganglion. *RNFL* peripapil kemudian menyatu di bagian belakang bola mata dan kemudian membentuk serabut nervus optik dan disebut *RNFL* peripapil (Morrison, JC dan Pollack, 2003). Tepi neuroretinal merupakan perpanjangan dari lapisan serabut saraf, yang diperlukan sebagai parameter dalam mengevaluasi optik disk. Variasi ukuran tepi neuroretina tergantung pada jumlah aksonal, kepadatan aksonal, variasi dalam arsitektur laminar, dan jumlah sel glial dalam papil nervus optik (Stamper RL, 2009). Lapisan serabut saraf pada mata normal lebih baik terlihat dengan *red-free illumination* (Louis et al., 2019).

Perubahan ketebalan paling besar tampak di daerah peralihan parafovea, dimana *RNFL* peripapil pada daerah ini menjadi sangat tipis, bahkan dapat hanya terdiri dari satu sel ganglion. Pada polus superior dan inferior nervus optik ketebalan *RNFL* peripapil dapat mencapai 0,2 mm sedangkan pada bagian perifer retina ketebalan menurun hingga hanya tersisa 0,01 mm (*Morrison, JC dan Pollack, 2003*).

II.2. Glaukoma

II.2.1 Definisi

Glaukoma merupakan penyakit yang memiliki kumpulan gejala berupa neuropati optik yang ireversibel pada papil nervus optik (dikenal dengan *diskus optik*) dan disertai hilangnya jaringan saraf yang berhubungan dengan gangguan lapang pandang. Walaupun tekanan intraokular (TIO) merupakan salah satu faktor resiko utama, tetap tidak dimasukkan pada definisi suatu penyakit glaukoma; namun TIO sangat berperan penting pada perjalanan penyakit glaukoma (*Louis et al., 2019*).



Gambar 2: “Diagram “*Glaucoma Continuum*” (Weinreb et al., 2004; Yucel Y, 2003)

Pada gambar 2 diagram “*Glaucoma Continuum*” menjelaskan tentang bagaimana perlangsungan glaukoma yang dibagi menjadi 3 tahap atau *staging*, yaitu:

1. Tahap penyakit tidak terdeteksi: perkembangan penyakit mulai dari kondisi normal kemudian terjadi percepatan apoptosis sel, sehingga banyak ganglion sel mati menyebabkan akson hilang, terjadi perubahan *RNFL* yang belum dapat terdeteksi dengan alat diagnostik.
2. Tahap asimtomatik: pada fase ini perubahan *RNFL* biasanya sudah dapat terdeteksi, sehingga sudah mulai terjadi perubahan *visual field*.
3. Gangguan fungsional: perubahan *visual field* yang di nilai lewat pemeriksaan perimetri akan masuk ke tahap gangguan *moderate*, *severe* hingga terjadi kebutaan.

II.2.2. Patofisiologi

Mekanisme kerusakan RNFL peripapil pada glaukoma. Glaukoma adalah suatu optik neuropati dimana terdapat kerusakan pada akson nervus optik yang pada akhirnya terjadi kematian dari sel ganglion retina (*Greenfield, 2002; Vrabc, J.P. dan Levin, L.A, 2007*). Terdapat beberapa teori yang menerangkan hal tersebut yaitu teori mekanik dan iskemik. Pada teori mekanik terdapat tekanan langsung pada akson serabut saraf retina peripapil pada nervus optik bagian anterior yang pada akhirnya terjadi distorsi pada lamina cribosa dan hambatan pada *axoplasmic flow* sehingga terjadi kematian pada sel ganglion retina.

Pada teori iskemik terjadi iskemia intraneural yang dihasilkan dari penurunan perfusi ke nervus optik dimana perfusi ini dihasilkan dari kerusakan pada autoregulasi pembuluh darah yang pada akhirnya terjadi penurunan perfusi dan merusak nervus optik. Selain kedua hal tersebut terdapat juga hubungan antara kerusakan nervus optik dengan deprivasi neurotrofin pada penderita glaukoma dimana terdapat hubungan antara sel ganglion retina dan sistem saraf pusat sehingga bila tidak adanya *Brain Derived Neurotrophic Factor* (BDNF) akibat adanya iskemia atau peningkatan TIO akan menyebabkan terjadinya kematian sel ganglion retina dan pada akhirnya terjadi penipisan serabut saraf retina peripapil (*Kuehn, 2005; Louis et al, 2019*).

II.2.3. Tekanan Intraokular (TIO)

Beberapa penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa rata-rata tekanan intraokular pada populasi Eropa adalah sekitar 15,5 mmHg dengan standar deviasi 2,6 mmHg. Tekanan intraokular normal adalah 10-20 mmHg dan dipertahankan pada level tersebut sepanjang hidup, meskipun terdapat beberapa variasi musiman dan diurnal. Kontrol TIO penting untuk mempertahankan kondisi anatomis yang diperlukan untuk visus yang optimal. Pemeriksaan gold standar TIO adalah tonometer Goldmann. Tonometer aplanasi tersebut mengukur gaya yang diperlukan untuk meratakan area permukaan kornea (*Murgatroyd H dan Bembridge J, 2008*).

Penelitian multisenter menjelaskan bahwa pengurangan TIO dapat menurunkan risiko terjadinya glaukoma atau progresifitas glaukoma. Berdasarkan *Ocular Hypertension Treatment Study* menyatakan bahwa penurunan TIO sebesar 20% dari 24-31 mmHg di satu mata dan 21-31 mmHg di mata lainnya mengurangi 9,5%-4,5% terjadinya glaukoma sekitar 5 tahun. Sedangkan pada *The Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT)* membandingkan terapi pada penderita yang baru didiagnosa glaukoma dengan protokol standar laser Argon trabeculoplasty dan betaxolol (yang mana menurunkan 25% dari TIO awal) dengan observasi dan tanpa terapi. Penelitian tersebut menyatakan bahwa penurunan 25% dari TIO mengakibatkan 45% progresivitas glaukoma lebih dari 5 tahun dibandingkan 62% pada penderita yang tidak mendapat terapi. *The Collaborative Initial*

Glaucoma Treatment Study (CIGTS) secara acak memberikan terapi obat atau trabekulektomi. Setelah dilakukan terapi tersebut didapatkan penurunan TIO pada kelompok obat yaitu 17-18 mmHg (sekitar penurunan 35%) dan 14-15 mmHg pada kelompok operasi (sekitar penurunan 40%). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penurunan TIO lebih dari 35% dapat memberi efek terbatas pada progresivitas pada populasi penderita, namun tidak dapat berlaku secara umum pada kelompok penderita dengan penyakit yang lebih berat (Sit, A.J., dan Pruet, C.M. 2016).

Diniz-Filho (2016), hubungan antara ketebalan *RNFL* dan peningkatan TIO dari waktu ke waktu memiliki implikasi penting untuk memahami kehilangan saraf pada glaukoma. Misalnya, pada mata yang menunjukkan perkembangan dengan TIO rata-rata 25 mmHg memiliki perkiraan tingkat kehilangan *RNFL* 2,82 mm/tahun, atau perkiraan kehilangan sekitar 14 mm dalam 5 tahun. Namun, mata yang menunjukkan perkembangan tetapi memiliki TIO rata-rata 15 mmHg memiliki perkiraan tingkat kehilangan *RNFL* 0,82 mm/tahun, atau perkiraan kehilangan sekitar 4 mm dalam 5 tahun.

Secara tradisional, tonometer dibagi menjadi 2 yaitu aplanasi dan indentasi. Tonometer aplanasi mengukur tekanan yang diperlukan untuk mendatarkan kornea, sedangkan tonometer indentasi mengukur jumlah deformasi atau indentasi dari bola mata sebagai respon pemberat standar yang di letakkan di kornea. Contoh tonometer aplanasi adalah tonometer

Goldmann, tonometer Perkins, tonometer Draeger, Tono-Pen, tonometer pneumatic, tonometer non kontak, dan tonometer Maklakow. Sedangkan contoh tonometer indentasi yaitu tonometer Schiötz, tonometer *Impact-Rebound* (ICare), dan tonometer transpalpebral (*Stamper, R.L. et al., 2009*).

II.2.4. Klasifikasi

Glaukoma secara garis besar dibagi menjadi glaukoma primer (terjadi secara spontan dan tidak berhubungan atau disebabkan penyakit lain) dan glaukoma sekunder (glaukoma yang disebabkan penyakit lain atau trauma). Berdasarkan anatomi segmen anterior, khususnya aliran sudut bilik mata depan dibagi menjadi glaukoma sudut terbuka (struktur sudut dapat dilihat di gonioskopi dan tidak tertutup oleh perifer iris) dan glaukoma sudut tertutup (sudut bilik mata depan tertutup $\geq 180^\circ$ posterior trabecular meshwork yang tidak terlihat di gonioskopi akibat kontak iridotrabekular). Membedakan glaukoma sudut terbuka dan sudut tertutup adalah hal penting dalam menentukan terapi (*Ichhpujani P, 2013*).

Open Angle Glaucoma	Angle Closure Glaucoma	Childhood Glaucoma
Primary open-angle glaucoma (POAG) Normal-tension glaucoma (NTG) Juvenile open-angle glaucoma (JOAG) Ocular hypertension (OHT) Glaucoma suspect Secondary open-angle glaucoma	Primary angle-closure suspect (PACS) Primary angle closure (PAC) Primary angle-closure glaucoma (PACG) Primary angle closure without pupillary block (plateau iris) Chronic angle closure Secondary angle closure with pupillary block Secondary angle closure without pupillary block	Primary congenital glaucoma (PCG) Glaucoma associated with congenital anomalies Secondary glaucoma in infants and children

Tabel 1. Klasifikasi Glaukoma (*Louis et al.*, 2019).

II.2.5. Diagnosis

Metode diagnosis glaukoma saat ini dengan menggunakan tonometri, gonioskopi, funduskopi, dan perimetri. Pemeriksaan tersebut secara berurutan, untuk mengetahui tekanan intraokular, sudut bilik mata depan, perbandingan cup dan diskus optik serta mengetahui luas lapang pandang (*Riordan-Eva dan Witcher*, 2008). Pengukuran tersebut tidak dapat mengetahui kondisi di dalam bola mata sehingga tidak dapat mengetahui sejauh mana kerusakan struktur bola mata akibat glaukoma. Oleh karena itu, digunakan suatu pencitraan yang dapat mengetahui mikrostruktur dari retina tanpa radiasi ionisasi dengan menggunakan OCT.

II.3. *Optical Coherence Tomography*

Optical Coherence Tomography (OCT) adalah metode pencitraan yang memperoleh bagian jaringan biologis dengan resolusi tinggi, dan memungkinkan untuk mendefinisikan mekanisme ini sebagai konversi cahaya yang direfleksikan dari jaringan ke gambar. Umumnya digunakan di bidang oftalmologi terutama dalam 20 tahun terakhir, OCT telah memberikan kontribusi yang signifikan untuk diagnosis dini penyakit glaukoma dan pemantauan serta analisis penderita glaukoma (Yildiz Aydin, 2018).

OCT merupakan alat diagnostik dengan teknik pencitraan yang dapat menguraikan jaringan lapis demi lapis tanpa efek samping yang merugikan (Brancato et al., 2004). Instrumen OCT ini bekerja dengan menggunakan teknik pencitraan cahaya yang direfleksikan ke dalam mata. Kelebihan OCT dengan kamera biasa adalah bahwa OCT dapat menentukan resolusi kedalaman. Resolusi kedalaman OCT sangat tinggi, terutama pada kisaran 0.01 mm atau 0.4/1000 inci. Hasilnya adalah potongan melintang dari struktur jaringan internal yang sama dengan potongan jaringan dibawah mikroskop namun tidak mengganggu jaringan. OCT telah dianggap sebagai metode biopsi jaringan non invasif.

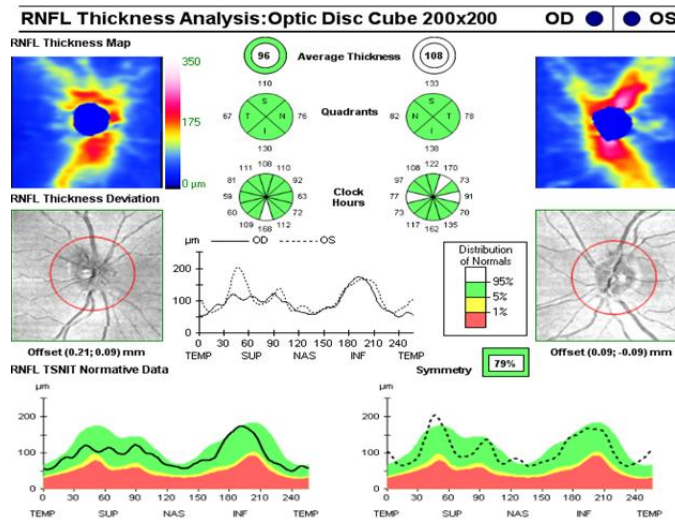
OCT saat ini sudah sangat berkembang, mulai dari *Time Domain* (TD) OCT dan yang terakhir adalah *Spectral Domain* (SD) OCT. SD-OCT ini memiliki kelebihan kualitas scan yang lebih baik dan variasi hasil scan yang lebih kurang dibanding dengan TD-OCT.

SD-OCT adalah salah satu teknik OCT yang menggunakan transformasi domain *fourier*. Metode ini disebut juga domain frekuensi terkode spasial OCT. *Leitgeb et al.* (2007) menggambarkan adaptasi pengukuran spektroskopi fourier domain-OCT ke OCT pada tahun 2000. SD-OCT tidak memerlukan cermin referensi bergerak seperti TD-OCT. Ini meningkatkan kecepatan pemindaian secara eksponensial. Sistem SD-OCT yang tersedia secara komersial memiliki kecepatan pemindaian 18.000–70.000 A pemindaian perdetik menjadikannya 200-400 kali lebih cepat daripada sistem TD-OCT.

Dalam teknik domain spektral, sumber cahaya adalah sumber cahaya memiliki bandwidth lebar. Selain itu, tidak seperti TD-OCT yang menggunakan interferometer dengan lengan referensi pemindaian menggunakan cermin referensi yang bergerak secara mekanis untuk mendeteksi waktu tunda gema, SD-OCT menggunakan cermin tetap dan spektrometer dan CCD linier untuk menganalisis gangguan antara balok sampel dan referensi balok menggunakan transformasi fourier (*Akman et al.*, 2018).

Dalam pemeriksaan mendiagnosis glaukoma, alat *OCT* akan menggunakan 2 parameter yaitu analisis ketebalan serabut saraf retina (*Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Analysis*) dan analisis diskus optik (*Optic Nerve Head Analysis*). Keduanya akan memberikan informasi tentang seberapa besar jumlah serabut saraf retina yang dimiliki seseorang baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif (*Vizzeri et al.*, 2011).

OCT RNFL menunjukkan spesifisitas dan sensitivitas yang baik dalam mengukur ketebalan serabut saraf retina. *Medeiros et al.* (2012) melaporkan sensitivitas stratus OCT 71% untuk ketebalan rata-rata serabut saraf retina dan sensitivitas GDX VCC 61% untuk index serabut saraf pada spesifisitas 95%, meskipun perbedaan ini secara statistik tidak signifikan (*Kaushik S*, 2006).



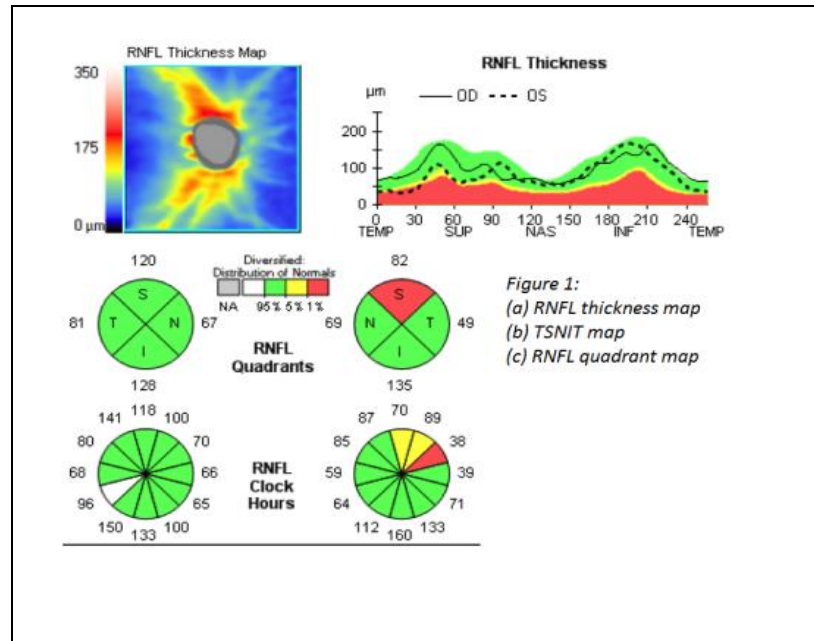
Gambar 3. Hasil Pemeriksaan Analisis Ketebalan Serabut Saraf Retina dengan Menggunakan *Cirrus HD-OCT RNFL* (Brancato, 2004).

Pada gambar 3 hasil pemeriksaan peta Cirrus OCT RNFL mewakili 200 x 200 mm kubus data A-scan yang berpusat di nervus optik. Dimana, analisis ketebalan *RNFL* ada sedikit pembengkakan di area superior nasal, namun ketebalan rata-rata tetap dalam batas normal (Brancato, 2004). Pada OCT *RNFL* yang di nilai pada hasil petanya antara lain : Peta ketebalan *RNFL*, peta deviasi *RNFL*, ketebalan

sesuai kuadran dan arah jarum jam, ketebalan rata-rata dan grafik ketebalan *RNFL* *TSNIT*.

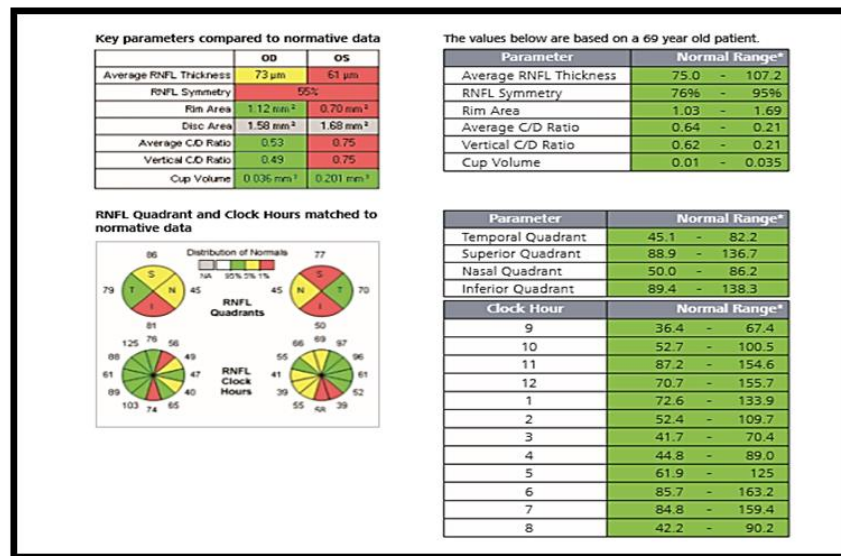
Pada analisis ketebalan *RNFL* akan memperlihatkan beberapa parameter ketebalan serabut saraf retina sesuai dengan kuadran, ketebalan rerata seluruh kuadran dan rasio ketebalan kuadran tertentu dengan kuadran lain. Hasil pengukuran tersebut selanjutnya akan dibandingkan dengan *Normal Age Match Control* yang dimiliki oleh OCT dan tergambar dalam bentuk distribusi percentile dimana normal: 95% - 5% (hijau), borderline: 5% - 1% (kuning) dan rendah/tipis: 1% - 0% (merah).

>80 μm	Normal
70-79	Borderline glaucoma suspect
60-69	Early thinning, glaucoma, early
50-59	Moderate thinning, glaucoma, moderate
40-49	Advanced thinning, glaucoma, advance
<30	Advanced thinning, primary retinal disease



Gambar 4. Pemeriksaan *Cirrus HD- OCT RNFL* (Chema, 2015)

Pada gambar 4, peta *Cirrus OCT RNFL* terbagi 3 bagian (a) peta penebalan *RNFL*, (b) peta *TSNIT* dan (c) peta kuadran *RNFL*. Dimana Peta *Cirrus OCT RNFL* mewakili 6 x 6 mm kubus data A-scan yang berpusat di nervus optik di mana lingkaran 3,4 mm data *RNFL* yang disebut sebagai peta *TSNIT* (temporal, superior, nasal, inferior, temporal). Ini ditampilkan sebagai skala warna palsu dengan nilai ketebalan dirujuk ke database normatif. Peta *TSNIT* menampilkan nilai ketebalan *RNFL* oleh kuadran dan jam, dan puncak *RNFL* memberikan distribusi anatomi akson serabut saraf yang diwakili oleh bundel superior dan inferior yang berasal dari nervus optik (Chema, 2015).

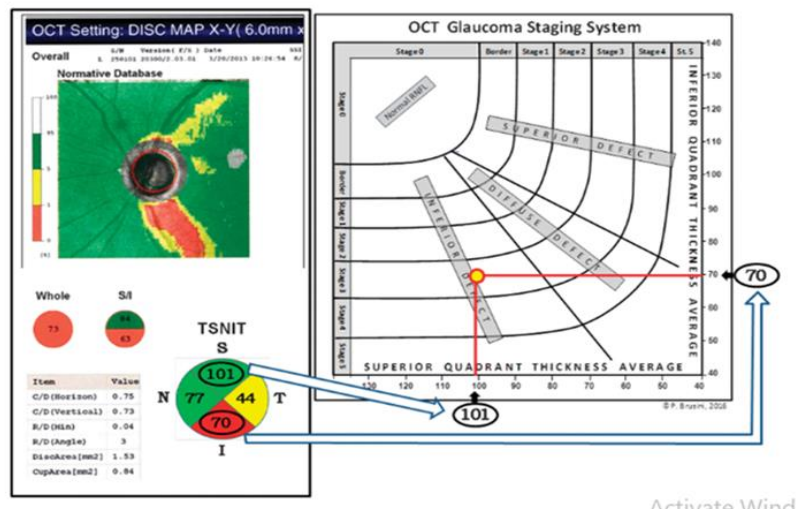


Gambar 5. Parameter analisis dan normal range OCT RNFL (Zeiss, 2015).

SD-OCT telah banyak digunakan untuk memeriksa makula dan saat ini menjadi lebih besar digunakan dalam manajemen glaukoma. Pengukuran ketebalan RNFL oleh SD-OCT memberikan informasi yang berguna untuk membedakan penderita dengan OH tanpa jenis kerusakan dari penderita yang tidak menunjukkan kerusakan fungsional, namun memiliki kehilangan struktural awal glaukoma. Selain itu, penilaian ketebalan RNFL dapat digunakan untuk menentukan jumlah kehilangan struktural pada glaukoma. Untuk tujuan ini, klasifikasi kerusakan RNFL yang sederhana dan terstandarisasi dapat terbukti sangat bermanfaat, terutama dalam pengaturan klinis sehari-hari (Lisboa et al., 2012 ; Jeung et al., 2014).

Untuk membuat metode klasifikasi menggunakan data OCT, menggunakan parameter lain, untuk tingkat keparahan kerusakan RNFL adalah rata-rata kuadran

superior dan inferior, yang cenderung secara langsung mempengaruhi kerusakan bahkan pada tahap awal. Parameter ini juga dapat digunakan untuk menunjukkan lokasi defek yang dominan. Penting untuk ditekankan bahwa defek *RNFL* sering terjadi pada kuadran superior dan inferior, bahkan jika kehilangannya asimetris. Dalam kasus ini, *Graphic OCT Glaucoma Staging System* mengklasifikasikan defek di bagian tengah grafik (*diffuse defect*), atau di dekat tepi kuadran ini. Saat ini ada metode baru dari pengukuran ketebalan OCT RNFL yaitu *Graphic OCT Glaucoma Staging System*, untuk mengklasifikasikan kerusakan *RNFL* yang dinilai dengan OCT. *Graphic OCT Glaucoma Staging System* menggunakan nilai ketebalan *RNFL* kuadran superior dan inferior, diplot pada diagram x-y untuk menentukan tingkat keparahan kerusakan struktural pada glaukoma (Brusini, 2017).



Gambar 6. *Graphic OCT Glaucoma Staging System* (Brusini, 2017).

Pada gambar 6 merupakan grafik yang mempresentasikan *OCT Glaucoma Staging System* pada penderita 61 tahun dengan POAG mata kiri. Dimana hasil ketebalan OCT *RNFL* pada kuadran superior 101 um, inferior 70 um, nasal 77 um dan temporal 44 um. Terlihat titik potong superior dan inferior kuadran *RNFL* pada titik kuning, (tanda panah hitam) menunjukkan ketebalan dalam satuan micron, sehingga menunjukkan derajat glaukoma staging 3 dan prevalensi lokalisasi dari gangguan nerve fiber retina pada inferior defek. *Graphic OCT Glaucoma Staging System* diharapkan memberikan klasifikasi standar dan objektif kerusakan *RNFL* glaukoma. Ini dapat digunakan dalam praktek klinis sehari-hari untuk interpretasi pengukuran *RNFL* yang mudah dan cepat yang diperoleh dengan OCT (*Brusini, 2017*).

II.4. Analisis Humphrey Visual Field

Humphrey visual field adalah perangkat perimetri otomatis standar yang saat ini digunakan di seluruh dunia, digunakan untuk mendeteksi dan memantau penderita dengan dugaan kerusakan lapang pandang yang dicurigai. Selama bertahun-tahun, metode standar untuk melakukan pengukuran disfungsi visual pada kerusakan glaukoma dilakukan dengan menilai lapang pandang menggunakan perimetri klinis, yang mengukur sensitivitas diferensial cahaya, atau kemampuan subjek untuk membedakan stimulus dari sebuah latar belakang yang sama (*Gaukon et al., 2019 & Louis et al., 2019*).

Ketika merancang sebuah studi yang mengevaluasi hubungan antara struktur dan fungsi dalam glaukoma, metode terbaik untuk menafsirkan dan menyajikan data fungsional perlu ditentukan. SAP memberikan beberapa parameter yaitu: *pattern standard deviation* (PSD), *mean deviasi* (MD), dan *visual field index* (VFI). Tidak banyak penelitian yang dapat diperoleh yang membandingkan kesesuaian defek *RNFL* dengan parameter *Humphrey Visual Field*. Penelitian yang dianggap paling mewakili adalah kedua penelitian tersebut yaitu *Lutaka et al. (2017)* dan *El-Naby et al. (2018)*.

Perimetri Humphrey dengan hasil pemeriksaan yang begitu lengkap dan akurat memiliki keuntungan, yaitu: (*Barton dan Benatar, 2003; Louis et al., 2019*).

1. Menentukan adanya kelainan dan derajat lapang pandang.
2. Melihat adanya defek karena penyakit glaukoma yang masih ringan (*Early Glaucomatous Defect*) dan progresifitasnya.
3. Penilaian longitudinal untuk mendeteksi progresi glaukoma dan menilai tingkat perubahan yang terjadi.

Walau dengan segala keuntungan tersebut diatas, perimetri otomatis ini juga memberikan kerugian karena perlu pembelajaran serta berbagai macam data yang diperlukan dan interpretasinya yang sangat sulit (*Barton dan Benatar, 2003*).

Perimetri Humphrey dengan hasil pemeriksaan yang begitu lengkap dan akurat akan dapat membantu menentukan adanya kelainan lapang pandang, menentukan derajat kelainan lapang pandang dan melihat adanya defek karena penyakit glaukoma yang masih ringan (*Early Glaucomatous Defect*) dan progresifitasnya.

II.4.1. Parameter Pemeriksaan Perimetri Humphrey

Ada beberapa parameter yang terlihat melalui lembaran pemeriksaan yang akan sangat memberikan informasi tentang keakuratan dari pemeriksaan. Hal-hal yang sangat perlu diperhatikan dalam menilai suatu lembar pemeriksaan perimetri Humphrey dapat dibagi menjadi 8 zona, yaitu :

1. *Reproducibility*

Data penderita dan parameter tes pada bagian atas print out hasil pemeriksaan.

2. *Reliability indices*

Bagian ini menunjukkan indeks reliabilitas hasil pemeriksaan dan durasi tes yang dilakukan. Ada beberapa parameter untuk menilai apakah penderita telah cukup baik dalam kerjasama serta dalam merespon setiap instruksi yang kita berikan, yaitu :

a. *Fixation Loss*

Angka ini akan menunjukkan seberapa besar kemampuan penderita dalam mempertahankan fiksasi matanya. Secara kuantitatif akan terukur misalnya pada daerah *blind spot* dengan angka seperti 0/10 atau 2/10 yang berarti tidak ada atau ada 2 fiksasi yang salah dari 10 titik yang berada di daerah blind spot. Jika terdapat 20 % fiksasi yang salah maka komputer akan memberikan tanda XX di samping angka *fixation loss* (Shuba dan Young, 2008).

b. *False Positive*

Hal ini terjadi jika penderita terlebih dahulu menekan tombol dimana sebenarnya stimulus belum diberikan (penderita terlalu bersemangat / "*trigger happy*") (Barton dan Benatar, 2003).

c. *False Negative*

Biasanya komputer akan memberikan stimulus 9 dB lebih terang dari pada stimulus yang pertama, tapi jika stimulus tidak terlihat oleh penderita maka ada terjadi keadaan tertentu misalnya kelelahan dari penderita. Jika terdapat 30% *false negative* maka komputer akan menganggap suatu kesalahan (Barton dan Benatar, 2003).

d. *Short-Term Fluktuation*

Fluktuasi ini diukur dengan cara memberikan stimulus dua kali pada titik yang sama, sehingga terlihat perbedaan threshold pada 2 titik tersebut (Shuba dan Young, 2008).

e. *Total Questions*

Angka ini menunjukkan indikator lamanya waktu yang diperlukan selama pemeriksaan (Shuba dan Young, 2008).

3. *Gray Scale*

Gambaran pemetaan dalam bentuk warna, dimana semakin hitam maka semakin rendah sensitivitasnya, yang dinyatakan dalam bentuk *Graystone symbol* dan dapat dikonversikan ke dB dan asb.

4. *Total Deviation Plots*

Memberikan gambaran seberapa besar perbedaan pada titik-titik lapang pandang orang tersebut dibandingkan dengan gambaran normal lapang pandang pada orang dengan umur yang sama. Semakin hitam (P semakin kecil) maka semakin besar perbedaannya yang berarti semakin kecil kemungkinan sama dengan orang normal, yang berarti semakin jelek (*Barton dan Benatar, 2003*).

5. *Pattern Deviation Plot*

Pattern Deviasi ini akan melihat adanya lokal defek atau skotoma setelah menghilangkan atau mengurangi harga *generalised depression* dari total deviasi. *Pattern Deviasi* ini sangat mempunyai arti yang penting dalam pemeriksaan. Dijabarkan dalam bentuk angka-angka, dan dimana semakin hitam maka semakin banyak deviasi lokal (*Barton dan Benatar, 2003*).

6. *Global Indices*

Ada 4 parameter yaitu: (Barton & Benatar, 2003; Salmon & Kanski, 2004).

a. *Mean Deviasi (MD)*

Mean deviasi mengindikasikan deviasi lapang pandang penderita dibandingkan dengan hasil rata-rata nilai normal dari individu dengan kelompok usia yang sama. Secara simpel mengartikan berapa rata-rata angka yang terdapat dalam Total Deviasi.

Jika terdapat peningkatan harga MD, menandakan adanya depresi yang menyeluruh, misalnya karena katarak, *refractive error*. Jika MD = -5,18 dB dengan $P < 2\%$, berarti kurang dari 2% dari populasi normal umur sama memperlihatkan nilai MD yang lebih besar dari nilai yang ditemukan tes ini.

b. *Pattern Standard Deviation (PSD)*

Mengartikan berapa rata-rata angka yang terdapat dalam Pattern Deviasi. Seperti halnya pengukuran MD tetapi mengukur berapa besar deviasi yang disebabkan oleh kelainan secara lokal dalam area lapang pandang setelah menghilangkan harga MD.

c. *Short-Term Fluctuation (SF)*

Mengukur konsistensi respon dari penderita selama pemeriksaan melalui pengukuran secara dua kali pada 10 titik yang berbeda. Jika

angka rata-rata dengan 2 kali pengukuran $<2\text{dB}$ menandakan konsistensi dari penderita. Jika angka SF tinggi biasa diikuti oleh harga *False Negative* yang tinggi pula. Tetapi jika harga SF tinggi tapi harga *False Negative* normal, mengindikasikan adanya defek yang halus atau kecil.

d. *Corrected Pattern Standard Deviation (CPSD)*

Besarnya angka pada *Pattern Deviasi* kadang disebabkan oleh karena tingginya angka SF, dan CPSD dijadikan sebagai indikator penilaian dari kebenaran harga Pattern Deviasi.

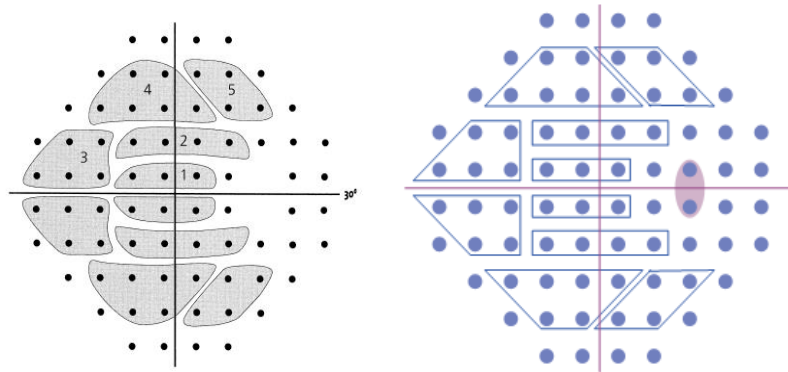
7. *Glaucoma Hemifield Test (GHT)*

Glaucoma Hemifield Test didasarkan atas pemikiran bahwa penyakit glaukoma dapat menyebabkan kehilangan lapang pandang asimetris dan bukan hanya pengurangan lapang pandang secara difus, sehingga dengan GHT ini akan membandingkan gambaran lapang pandang superior dengan inferior.

GHT akan mengevaluasi 5 titik di daerah superior lapang pandang kemudian akan dibandingkan seperti layaknya cermin dengan 5 titik di daerah inferior lapang pandang (*Johnson dan Wall, 2011*).

Penilaiannya terdiri dari: GHT *within normal limit*, *outside normal limit* and *borderline normal limit*. Selain ketiga kriteria tersebut ada dua kriteria lain yang juga dijadikan penilaian lain dalam GHT,

yaitu : *general reduction in sensitivity and abnormally high sensitivity*
(Barton dan Benatar, 2003).



Gambar 7. *Glaucoma Hemifield Test* pada beberapa tempat berbeda
(Johnson, 2003).

8. *Actual Threshold Value* atau data numerik

Data ini menunjukkan berapa besar sensitivitas retina dalam menangkap stimulus yang diukur dengan dB. Angka yang besar menandakan sensitivitas retina lebih besar dimana dengan intensitas cahaya yang redup (dB besar) sudah dapat ditangkap oleh sel fotoreseptor retina. Jika terdapat 2 angka pada satu titik berarti dilakukan 2 kali pemeriksaan pada titik tersebut (Barton dan Benatar, 2003).

9. *Gaze Tracking*

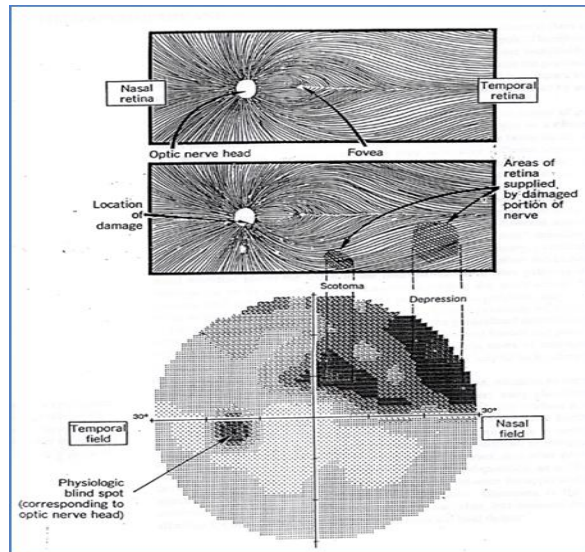
Gaze tracking adalah salah satu komponen penting pada hasil pemeriksaan lapang pandang. Metode ini dapat digunakan untuk menilai kesejajaran (alignment) bola mata dan kepala, serta kedipan dan

depresi kelopak mata selama tes berlangsung. *Gaze tracking* dapat membantu member informasi seberapa tinggi konsentrasi dan seberapa kooperatif penderita selama tes berlangsung (*Barton dan Benatar, 2003*).

10. Pola “*Glaucomatous Nerve Loss*”

Pada penyakit glaukoma, kerusakan yang terjadi adalah pada bundel serabut saraf nervus optik (optik neuropati). Ketika serabut saraf pada bundel di diskus optik mengalami kerusakan, maka daerah lapang pandang yang disuplai oleh serabut saraf ini akan mengalami penurunan sensitivitasnya. Akibatnya maka akan terjadi skotoma atau depresi secara lokal.

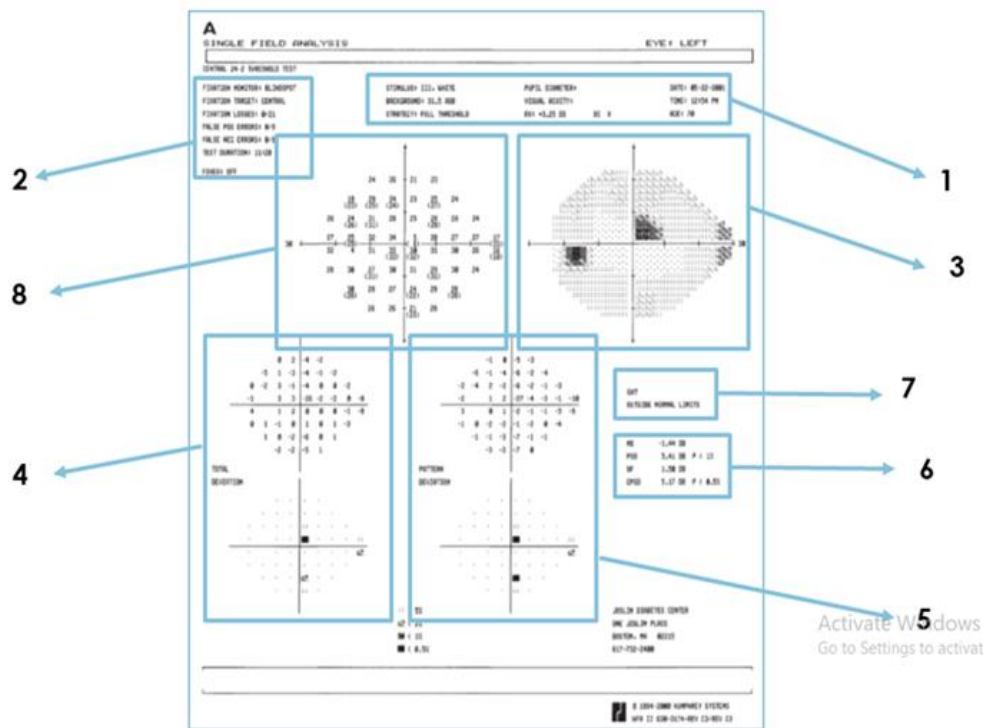
Pada umumnya serabut saraf pertama yang terkena pada penyakit glaukoma adalah serabut saraf pada bundel superior dan inferior diskus optik, tapi biasanya bagian atas lebih sering terkena. Nama yang diberikan biasanya sesuai dengan gambaran klasik defek lapang pandang yang dihasilkan pada hasil pemeriksaan perimeter (*Louis et al., 2019*).



Gambar 8. Salah satu pola kerusakan serabut saraf dan lapang pandang *paracentral scotoma* (Johnson, 2003).

Pada gambar di atas menunjukkan, suatu kerusakan serabut saraf di bundel nervus optik daerah inferior temporal, maka serabut saraf daerah inferotemporal di bawah meridian horisontal yang menyuplai daerah tersebut akan mengalami penurunan sensitivitas, yang mengakibatkan defek lapang pandang pada daerah superonasal lapang pandang, yaitu *paracentral scotoma* (Johnson, 2003).

Hasil pemeriksaan perimetri Humphrey akan memberikan data terpercaya berupa angka-angka yang menggambarkan derajat sensitivitas retina pada titik-titik yang telah ditentukan. Hasil ini juga menggambarkan perhitungan secara statistik tentang berapa besar perbedaan sensitivitas dibandingkan dengan orang normal dan umur yang sama (Barton dan Benatar, 2003).



Gambar 9. Hasil pemeriksaan perimetri Humphrey 24-2
(Kahook et al., 2007)

Keterangan hasil pemeriksaan Humphrey 24-2 pada gambar 9 adalah:

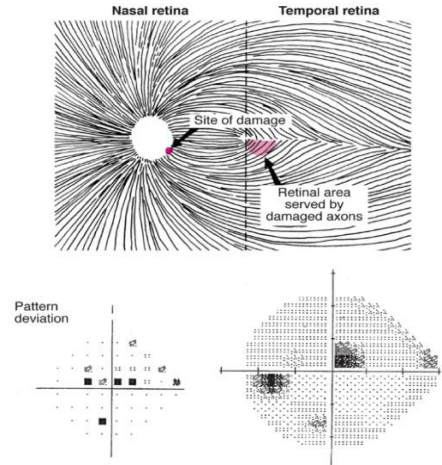
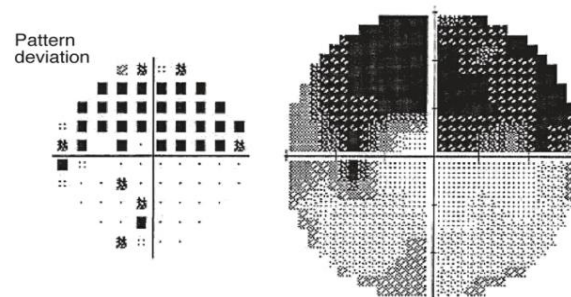
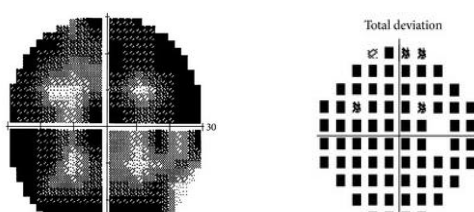
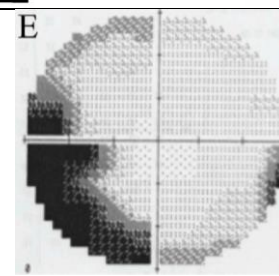
- (1). Data penderita dan parameter pemeriksaan
- (2). *Reliability indices*
- (3). *Gray scale*
- (4). Total deviasi
- (5). *Pattern deviasi*
- (6). *Global indices*
- (7). Glaucoma Hemifield Test (GHT)
- (8). *Actual threshold values*

Visual Field Defect pada glaukoma dapat berupa: (Louis et al, 2019)

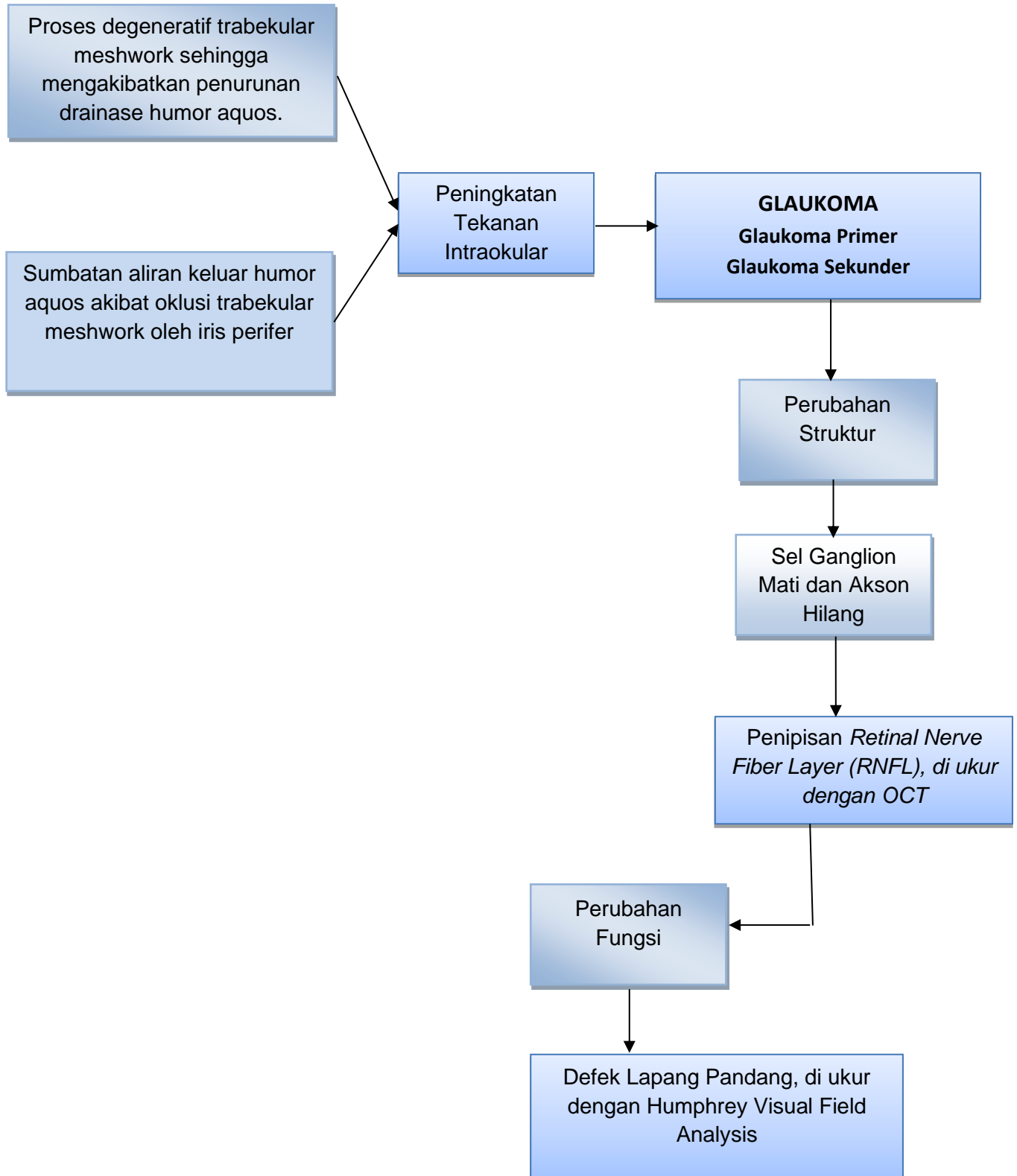
- a. Generalized Depression
- b. *Paracentral Scotoma*, suatu skotoma yang berada di sebelah dari daerah sentral.
- c. *Arcuate Defect* atau *Bjerrum Scotoma*, dimulai dari meridian horisontal nasal lalu akan membentuk sudut sempit dan bertemu dengan blind spot.
- d. *Nasal Step*, diskontinuitas yang tajam antara lapang pandang atas dan bawah sepanjang meridian horisontal dan merupakan ekspresi minimal dari defek arkuata.
- e. *Altitudinal Defect*, lapang pandang superior atau inferior telah hilang, dengan variasi menyisakan daerah sentral atau temporal.
- f. *Temporal Wedge*, seperti potongan kue pie, dimana apeksnya mengarah ke blind spot.

Tabel 2. Jenis-Jenis Defek Lapang Pandang Pada Glaukoma

No	Jenis Defek Lapang Pandang	Gambar
1	<i>Arcuate Defect or Bjerrum Scotoma</i>	
2	Nasal Step	

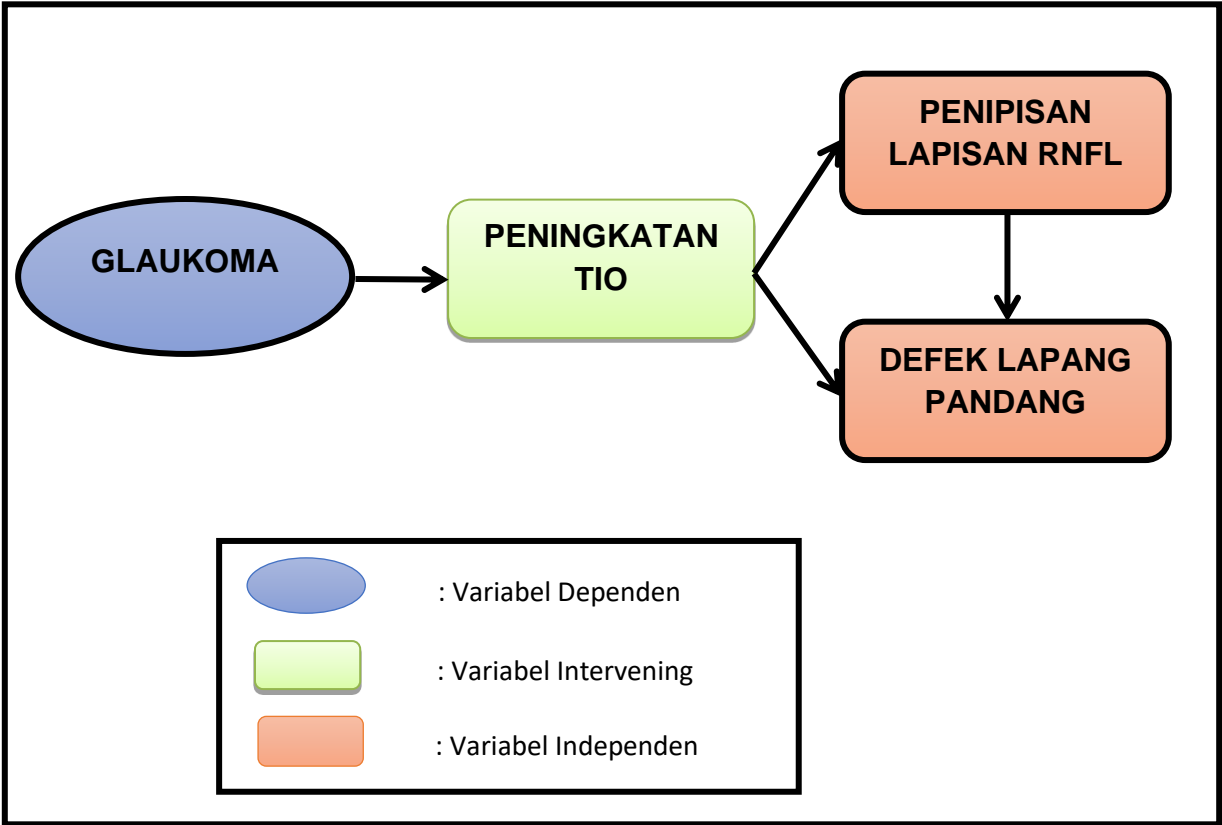
No	Jenis Defek Lapang Pandang	Gambar
3	Paracentral Scotoma	 <p>The diagram illustrates a paracentral scotoma. The top part shows a cross-section of the retina with labels for 'Nasal retina' and 'Temporal retina'. A 'Site of damage' is indicated on the nasal side, and a shaded area represents the 'Retinal area served by damaged axons'. Below this are two plots: 'Pattern deviation' showing a small dark spot in the nasal field, and 'Total deviation' showing a larger dark area in the nasal field.</p>
4	<i>Altitudinal Defect</i>	 <p>The diagram shows an altitudinal defect. The 'Pattern deviation' plot on the left shows a dark band across the upper and lower nasal fields. The 'Total deviation' plot on the right shows a large dark area covering the upper and lower nasal fields.</p>
5	<i>Generalized Depression</i>	 <p>The diagram illustrates generalized depression. The left plot shows a dark area in the nasal field. The right plot, labeled 'Total deviation', shows a dark area in the nasal field.</p>
6	<i>Temporal Wedge</i>	 <p>The diagram shows a temporal wedge. The plot, labeled 'E', shows a dark area in the temporal field.</p>

II.5. Kerangka Teori



Gambar 10. Kerangka Teori Penelitian

II.6. Kerangka Konsep



Gambar 11. Kerangka Konsep Penelitian