

**TESIS**

**PERBANDINGAN *OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER* (ONSD)  
PRE DAN POST OPPEMASANGAN CEREBROSPINAL FLUID (CSF)  
SHUNT PADA PASIEN ANAK DENGAN HYDROCEPHALUS  
MENGUNAKAN CT SCAN KEPALA**

**COMPARISON OF OPTIC NERVE SHEAT DIAMETER (ONSD)  
PRE AND POST OP INSTALLATION OF CEREBROSPINAL FLUID  
(CSF) SHUNT IN PEDIATRIC PATIENS WITH HYDROCEPHALUS  
USING HEAD CT SCAN.**

**SOLIHIN**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1(Sp-1)**

**PROGRAM STUDI RADIOLOGI**

**FAKULTAS KEDOKTERAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**PERBANDINGAN *OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER* (ONSD) PRE DAN POST  
OPPEMASANGAN CEREBROSPINAL FLUID (CSF) SHUNT PADA PASIEN ANAK  
DENGAN HYDROCEPHALUS MENGGUNAKAN CT SCAN KEPALA**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan oleh

SOLIHIN

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)  
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER (ONSD) PRE  
DAN POST OP PEMASANGAN CEREBROSPINAL FLUID (CSF) SHUNT  
PADA PASIEN ANAK DENGAN HYDROCEPHALUS MENGGUNAKAN  
CT SCAN KEPALA**

Disusun dan diajukan oleh :

**SOLIHIN**

Nomor Pokok : **C125171004**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Pendidikan  
Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 26 Mei 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
dr. Junus Baan, Sp.Rad (K)  
NIP. 19610703 198903 1 003

  
Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad, (K)-PRP, M.Kes  
NIP. 19520112 198312 1 001

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas

  
Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)  
NIP. 19710908 200212 2 002

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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Solihin

NIM : C125171004

Program Studi : Ilmu Radiologi

Jenjang : PPDS-1

Menyatakan bahwa thesis saya yang berjudul **PERBANDINGAN *OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER (ONSD)*, PRE DAN POST OP PEMASANGAN CEREBROSPINAL FLUID (CSF) SHUNT PADA PASIEN ANAK DENGAN HYDROCEPHALUS MENGGUNAKAN CT SCAN KEPALA** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan karya akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 08 Desember 2022

Yang menyatakan



SOLIHIN

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih Karunia Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul "**PERBANDINGAN OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER (ONSD) PRE DAN POST OPPEMASANGAN CEREBROSPINAL FLUID (CSF) SHUNT PADA PASIEN ANAK DENGAN HYDROCEPHALUS MENGGUNAKAN CT SCAN KEPALA**" Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis-1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa karya akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik, saran dan koreksi dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini, namun berkat bantuan berbagai pihak maka karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

- 1 dr. Junus Baan, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
- 2 Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad, (K)-PRP, M.Kes,selaku sekretaris Komisi Penasehat
- 3 Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM selaku Anggota Komisi Penasehat
- 4 Dr. Dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Anggota Komisi Penasehat
- 5 Dr. dr.Nasrullah, Sp.BS (K) selaku Anggota KomisiPenasehat

Atas segala arahan, bimbingan dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini.Serta ucapan terima kasih atas segala arahan , nasehat dan bimbingan yang telahdiberikan selama saya menjalani pendidikan di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK UNHAS dan Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makasar.
2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad(K), M.Med.Ed, selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad(K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin juga selaku Kepala Instalasi RSPTN. Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad(K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. Dr. Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad(K), Prof. Dr. dr. Muhammard Ilyas, Sp.Rad(K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad(K), dr. Junus Baan, Sp.Rad(K), Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad, (K)-PRP, M.Kes, dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad(K), dr. Dario Nelwan, Sp.Rad(K), dr. Rafika Rauf, Sp.Rad(K), M.Kes, dr. Isqandar Masóud, Sp.Rad (Alm), dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir Sp.Rad, dr M. Abduh, Sp.Rad, dr. Sri Mulyati, Sp.Rad, dr. Taufiqqul hidayat, Sp.Rad, dr. St. Nazrah Aziz, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad, dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad(K), dr. Rosdianah, Sp.Rad, M.Kes, dr. Besse Arfiana Arif, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Isriyah, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Amelia Bactiar, Sp.Rad, M.Ph, dr. Alia Amalia, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan
3. Direksi beserta seluruh staf RS Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSUPTN Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar atas bantuan dan kerjasamanya

5. Teman angkatan Januari 2017 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
6. Kedua orang tua saya H.Samlawi dan Tuti , berkat semua doa kalian saya bisa sampai pada titik ini.
7. Kepada istri dr. Yulia Asmarani, Sp.An, serta kedua anak saya, Kevin Kalfani Arrozaq dan Kirana Kanza Aqilla terimakasih atas segenap dukungan, pengorbanan dan doa yang tiada henti-hentinya yang selalu hadir pada situasi dan kondisi terbaik dan terberat.
8. Kepada saudara saya Hartono, Satibi dan Kumaedi Terima kasih untuk segala dukungan yang tiada henti-hentinya dan selalu hadir sebagai keluarga yang mendukung saya.
9. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung, saya ucapkan terimakasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Kasih karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya

Makassar, 24 Mei 2022

Solihin

## ABSTRAK

SOLIHIN. *Perbandingan Optic Nerve Sheath Diameter (ONSD) Pre dan Post Op Pemasangan Cerebrospinal Fluid (CSF) Shunt pada Pasien Anak dengan Hydrocephalus Menggunakan CT Scan Kepala* (dibimbing oleh Junus A. Baan dan Shofiyah Latief).

*Hydrocephalus* merupakan suatu kondisi yang sering terjadi pada anak-anak, yaitu terjadi gangguan produksi, aliran, dan penyerapan cairan serebrospinal/cerebrospinal fluid (CSF) sehingga terjadi peningkatan CSF yang abnormal yang kemudian terkait dengan terjadinya peningkatan tekanan intracranial. Metode manajemen standar untuk *hydrocephalus* pada anak-anak adalah dengan drainase CSF dari ventrikel, yaitu melalui *ventriculoperitoneal shunt* (VP shunt). Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan ukuran *optic nerve sheath diameter* (ONSD) pada pasien *hydrocephalus* sebelum (pre) dan setelah (post) pemasangan VP shunt melalui pemeriksaan CT scan kepala. Penelitian dilakukan di Instalasi RS Wahidin Sudirohusodo Makassar dari bulan Januari 2021 - April 2022. Sampel sebanyak 32 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hasil uji Wicolson didapatkan nilai sebesar 0,000 (alpha 5% atau 0,05) yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan ukuran ONSD pada pasien *hydrocephalus* sebelum dan sesudah pemasangan VP shunt. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tindakan pemasangan VP shunt dapat secara signifikan mampu menurunkan ukuran ONSD pasien *hydrocephalus* melalui pemeriksaan CT scan kepala.

Kata kunci: *hydrocephalus*, *optic nerve sheath diameter* (ONSD), *cerebrospinal fluid* (CSF), sebelum pemasangan VP shunt, sesudah pemasangan VP shunt, CT scan kepala



## ABSTRACT

SOLIHIN. *Comparison of Optic Nerve Sheath Diameter (ONSD) Pre and Post Op Installation of Cerebrospinal Fluid (CSF) Shunt in Pediatric Patients with Hydrocephalus Using Head CT Scan* (Supervised by Junus A. Baan and Shofiyah Latief).

Hydrocephalus is a condition that often occurs in children, where there is a disturbance in the production, flow and absorption of cerebrospinal fluid (CSF) so that there is an abnormal increase in CSF which is then associated with an increase in intracranial pressure. The standard management method for hydrocephalus in children is by CSF drainage from the ventricles i.e. through the ventriculoperitoneal shunt (VP shunt). This study aims to determine the difference in the size of Optic Nerve Sheath Diameter (ONSD) in hydrocephalus patient before (pre) and after (post) VP shunt installation through a CT scan of head. The research was conducted at the Radiology Installation of Wahidin Sudirhusodo Hospital Makassar from January 2021 to April 2022 with a total research sample of 32 people. In this study using Wilcoxon test analysis, a significant value of 0.000 ( $\alpha < 5\%$  or 0.05) is obtained which shows that there is a significant difference in ONSD size in hydrocephalus patients before and after VP shunt installation. Thus, it can be concluded that the action of installing a VP shunt can significantly reduce the size of the ONSD of hydrocephalus patients through a CT scan of the Head.

**Keywords:** hydrocephalus, Optic Nerve Sheath Diameter (ONSD), Cerebrospinal Fluid (CSP), before VP shunt Installation, after the installation of the VP shunt, CT Scan of the Head



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Hydrocephalus.....	5
A. Definisi dan Klasifikasi.....	5
B. Anatomi dan Fisiologi Cairan Serebrospinal .....	6
C. Epidemiologi .....	8
D. Etiologi.....	9
E. Patofisiologi.....	11
F. Gejala dan Tanda .....	12
G. Radiologis.....	12
H. Tatalaksana.....	18
2.2 <i>Optic Nerve Sheath Diameter</i> (ONSD).....	22
A. ONSD Penanda Peningkatan Tekanan Intrakranial .....	23
B. Perbedaan ONSD pada Sebelum dan Sesudah VP-Shunt .....	24
<b>BAB III KERANGKA PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1 Kerangka Teori.....	25
3.2 Kerangka Konsep .....	26
3.3 Hipotesis Penelitian.....	26
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
4.1 Desain Penelitian.....	27
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
4.3 Populasi Penelitian .....	27
4.4 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel.....	27
4.5 Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	28

A. Kriteria Inklusi .....	28
B. Kriteria Eksklusi.....	28
4.6 Perkiraan Besar Sampel .....	28
4.7 Alokasi Subjek dan Cara Kerja.....	29
4.8 Identifikasi Variabel.....	30
4.9 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	30
4.10 Izin Penelitian dan Ethical ClearanceKriteria Penelitian.....	30
4.11 Pengolahan dan Analisis Data.....	30
4.12 Alur Penelitian .....	31
<b>BAB V HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
5.1 Analisis Deskriptif.....	32
1. Deskripsi Nilai Ukuran <i>Optic Nerve Sheath Diameter</i> (ONSD) pada saat Pre Test.....	32
2. Deskripsi Nilai Ukuran <i>Optic Nerve Sheath Diameter</i> (ONSD) pada saat Post test.....	33
3. Deskripsi Perbandingan Nilai Ukuran <i>Optic Nerve Sheath Diameter</i> (ONSD) Pada Pasien Hydrocephalus Saat Sebelum dan Sesudah Pemasangan VP Shunt.....	34
5.2 Uji Normalitas.....	35
5.3 Uji Perbedaan Ukuran <i>Optic Nerve Sheath Diameter</i> (ONSD) pada Pasien Hydrocephalus saat Sebelum dan Sesudah Pemasangan VP Shunt.....	35
<b>BAB VI.PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
6.1. Pembahasan .....	37
6.2. Kesimpulan .....	38
6.3. Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hydrocephalus merupakan suatu kondisi yang sering terjadi pada anak-anak, dimana terjadi gangguan produksi, aliran dan penyerapan cairan serebrospinal (CSF) sehingga terjadi CSF yang abnormal pada rongga otak (ventrikel) dan mengakibatkan ekspansi abnormal dari ventrikel serebral, biasanya terkait dengan peningkatan tekanan intrakranial (Lusiana D,2020; Kahle KT,2016)

Hydrocephalus paling sering terjadi pada masa bayi akibat malformasi kongenital dan dari perdarahan intraventrikular pada bayi prematur. Insiden global hydrocephalus secara keseluruhan adalah sekitar 85 per 100.000 individu dengan perbedaan yang signifikan antara kelompok usia yang berbeda yaitu 88 per 100.000 untuk populasi anak dan 11 per 100.000 pada orang dewasa. Prevalensi pada populasi lansia jauh lebih tinggi, sekitar 175 per 100.000, dan lebih dari 400 per 100.000 pada mereka yang berusia lebih dari 80 tahun karena tingginya insiden *normal-pressure hydrocephalus* (NPH). (Koleva M,2021)

Metode manajemen standar untuk hydrocephalus pada anak-anak adalah dengan drainase cairan serebrospinal dari ventrikel yaitu *ventriculoperitoneal shunt*. Seiring berkembangnya jaman, *endoscopic third ventriculostomy* (ETV) dikembangkan dalam tatalaksana hydrocephalus. Penilaian perubahan tekanan intrakranial setelah drainase CSF pada anak-anak penting dalam memandu manajemen pasca operasi yang tepat. Jika tekanan intrakranial tidak turun setelah operasi shunt, dokter harus mempertimbangkan kemungkinan hipertensi intrakranial berkelanjutan dan membuat rencana untuk mengontrol peningkatan tekanan intrakranial. Namun, beberapa metode untuk menilai tekanan intrakranial tidak memuaskan pada anak-anak dengan hydrocephalus. Misalnya, pada penilaian radiologis ukuran ventrikel yang berkorelasi buruk dengan

perubahan tekanan dan mengukur tekanan melalui kateter intra-ventrikel terlalu invasive. (Choi SH,2015; Singhal A,2013)

Beberapa tahun terakhir ini, *Optic Nerve Sheath Diameter* (ONSD) telah dipandang sebagai metode baru yang berkorelasi dengan perubahan *intracranial pressure* (ICP) atau tekanan intrakranial (TIK).Peningkatan ONSD telah digunakan sebagai penanda pengganti untuk peningkatan ICP.Ketika ada peningkatan ICP, kondisi tersebut ditransmisikan ke selubung saraf optic dan akhirnya menyebabkan pembengkakan selubung optik, cakram optik, dan papiledema. Evaluasi ONSD tersebut menggunakan *ultrasonography* (USG), *magnetic resonance imaging* (MRI) dan *computer tomography scan*(CT scan) untuk menilai ICP. (Bhandari D,2019; Bekermen I,2016)

Banyak penelitian telah menunjukkan pengukuran ONSD dengan metode ini adalah penanda yang dapat diandalkan untuk peningkatan TIK.Pengukuran ONSD dengan USG dianggap aman, sederhana dan alat diagnosis *bedside* yang mudah. Penurunan signifikan dalam diameter selubung saraf optik setelah *ventriculo-peritoneal shunt* telah dilaporkan pada anak-anak dengan hidrocephalus.(Bhandari D,2019; Choi SH,2015)

Padayachy LC,dkk (2015) membuktikan terdapat perbedaan ONSD pada pasien yang berhasil dan gagal operasi ETV Perubahan ONSD tersebut adalah 0,73 mm (sd 0,26) pada kelompok yang berhasil operasi dan 0,18 mm (sd 0,34) pada kelompok yang gagal operasi ( $p = 0,0007$ ). Perbedaan signifikan dalam parameter antara kedua kelompok ini dengan jelas menunjukkan manfaatnya sebagai penanda radiologis untuk membantu pengambilan keputusan dalam hasil ETV. Cut off optimal yang digunakan studi ini adalah 7,5%, dengan sensitivitas 92,9% dan spesifisitas 85,7%. (Padayachy LC, 2015)

Bhandari D,dkk (2019) menunjukkan terdapat korelasi yang kuat antara pengukuran ONSD yang dilakukan oleh USG dan CT scan dengan nilai *interclass correlation* (ICC) rata-rata 0,97 ( $p < 0,001$ , CI 95% dari 0,96 -0,98). Pada kelompok dewasa, rata-rata pengukuran ONSD pra operasi dan pasca operasi dengan USG adalah  $5,80 \pm 0,63$  mm dan  $4,52 \pm 0,72$  ( $p < 0,001$ ) dan dengan CT scan masing-masing adalah  $5,77 \pm 0,83$  mm dan  $4,49 \pm 0,76$  mm ( $p$

<0,001). Demikian pula, pada populasi anak, rata-rata pengukuran ONSD pra operasi dan pasca operasi dengan USG ditemukan menjadi  $4,76 \pm 1,14$  mm dan  $3,90 \pm 1,08$  mm dan dengan CT scan ditemukan masing-masing  $4,75$  /  $-1,11$  mm dan  $3,85 \pm 1,09$  mm ( $p < 0,001$ ). (Bhandari D, 2019)

Pada penelitian ini akan mengukur perbandingan diameter selubung saraf optik pada anak-anak dengan hydrocephalus sebelum dan setelah operasi pemasangan *ventriculo-peritoneal shunt* dengan CT scan kepala.

Peneliti memilih melakukan penelitian menggunakan CT scan dikarenakan penelitian sebelumnya menggunakan pemeriksaan USG, selain itu pemeriksaan menggunakan CT scan di musim pandemi lebih aman dilakukan dibanding USG dan non invasif

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian diatas maka bisa diambil dengan penelitian ini adalah :

Bagaimana perbandingan *Optic Nerve Sheath Diameter* (ONSD) pada pasien hydrocephalus pre dan post operasi pemasangan VP shunt dengan pemeriksaan CT scan kepala?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan Umum**

Mengetahui perbedaan ukuran *Optic Nerve Sheath Diameter* (ONSD) pada pasien hydrocephalus saat sebelum dan sesudah pemasangan VP shunt melalui pemeriksaan CT scan kepala.

### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Mengetahui diameter *Optic Nerve Sheath Diameter* (ONSD) pada pasien hydrocephalus sebelum pemasangan VP Shunt menggunakan pemeriksaan CT Scan
2. Mengetahui diameter *Optic Nerve Sheath Diameter* (ONSD) pada pasien hydrocephalus setelah pemasangan VP shunt menggunakan pemeriksaan CT Scan kepala

3. Membandingkan diameter Optic Nerve Sheath diameter (ONSD) pada pasien hydrocephalus setelah pemasangan VP shunt menggunakan pemeriksaan CT Scan kepala

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi ilmiah pentingnya metode pengukuran Diameter Optic Nerve (ONSD) pemeriksaan CT Scan pada pasien dengan hydrocephalus pre dan post pemasangan VP Shunt
2. Tujuan memprediksi outcome pemasangan VP shunt pasien dengan hydrocephalus
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya

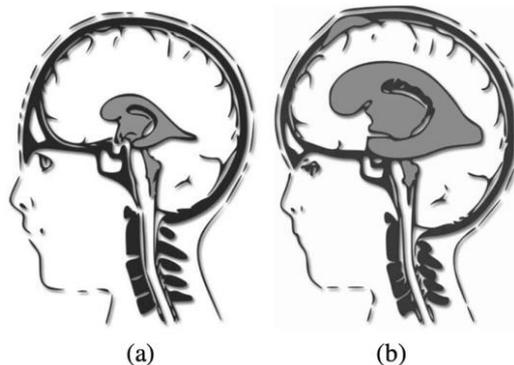
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Hydrocephalus

##### A. Definisi dan Klasifikasi

Hydrocephalus mencakup sekelompok patologi heterogen. Yang ditandai dengan peningkatan ukuran ventrikel, dan sering dikaitkan dengan peningkatan tekanan intrakranial. Secara historis, hidrocephalus dianggap disebabkan oleh ketidakseimbangan antara produksi dan absorpsi *cerebrospinal fluid* (CSF) dengan akumulasi cairan di rongga tengkorak. Baru-baru ini, kondisi tersebut telah dikaitkan dengan gangguan dalam pembentukan, aliran, atau penyerapan cairan serebrospinal, yang menyebabkan peningkatan volume cairan serebrospinal. (Isaacs AM, 2018; Khalatbari H, 2021)



**Gambar 1.** (A) Ventrikel Normal (B) Pembesaran Ventrikel (Fabijanska A, 2014)

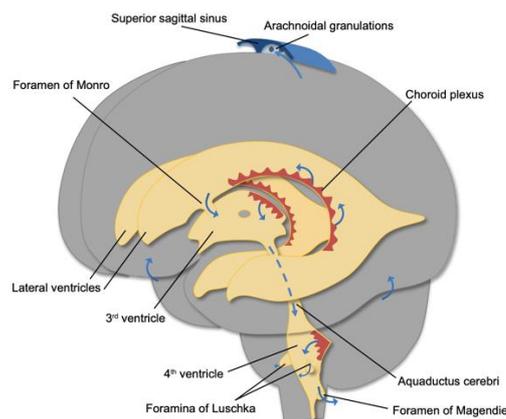
Hydrocephalus diklasifikasikan menjadi bawaan (kongenital) atau didapat, obstruktif atau non obstruktif, dan sindrom atau non sindrom. Pada bayi, hidrocephalus tanpa penyebab ekstrinsik yang jelas biasanya disebut sebagai hidrocephalus kongenital, karena hidrocephalus ini sering muncul saat lahir. Ketika hidrocephalus terjadi sebagai komplikasi dari kondisi lain seperti perdarahan, infeksi atau neoplasma, biasanya disebut hidrocephalus didapat atau sekunder. (Tully HM, 2014)

Klasifikasi hidrocephalus berikutnya adalah dengan melihat adanya obstruktif atau tidak. Dapat ditentukan apakah titik utama obstruksi berada di

proksimal (pada tingkat ventrikel ketiga atau aquaductus), distal (pada tingkat ventrikel keempat, saluran keluar ventrikel keempat, atau foramen magnum), atau apakah tidak ada sumber obstruksi yang jelas (hydrocephalus non-obstruktif/communicans). (Tully HM, 2014)

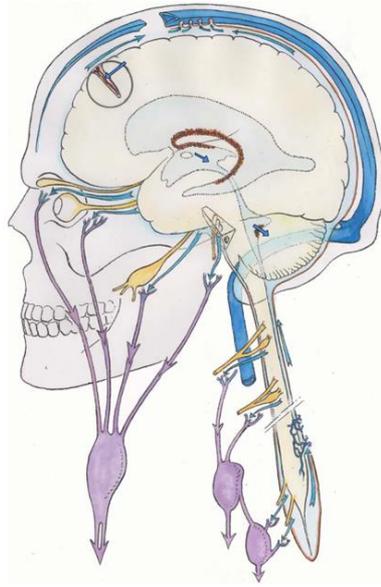
Selain itu, hydrocephalus secara tradisional telah dibagi oleh ahli genetika menjadi bentuk sindrom dan non-sindrom, tergantung pada apakah ada anomali kongenital tambahan. Namun, tidak ada konsensus tentang bagaimana mengklasifikasikan pasien dengan sindrom genetik tertentu yang tidak memiliki gambaran klinis utama di luar otak. Misalnya, hydrocephalus yang terkait dengan mutasi pada L1CAM telah diklasifikasikan sebagai non-sindrom dan sebagai sindrom. (Tully HM, 2014)

## B. Anatomidan Fisiologi Cairan Serebrospinal



**Gambar 2.** Organisasi sistem ventrikel otak. Parenkim otak ditampilkan dalam warna abu-abu, ventrikel dan aquaduktus berwarna kuning, dan pleksus koroid ditandai dengan warna merah. Cairan serebrospinal dibentuk oleh pleksus koroid dari dua ventrikel lateral, ventrikel ke-3 dan ke-4. Cairan ventrikel lateral berkumpul di ventrikel ke-3 melalui foramen Monro dan mencapai ventrikel ke-4 melalui aquaductus cerebri (Sylvius). Cairan serebrospinal keluar dari ventrikel ke-4 melalui foramen Magendie dan Luschka ke permukaan luar sistem saraf pusat. Sebagian cairan ini diserap kembali dalam granulasi arachnoidal menguras ke sinus sagital superior. (Damkier HH, 2013)

Sistem ventrikel otak terdiri dari dua ventrikel lateral yang dapat dibagi menjadi tanduk frontal, media sela sebagai bagian tengah, dan trigonum sebagai sambungan ke tanduk anterior dan tanduk temporal. Terdapat juga ventrikel ketiga dan keempat yang tidak berpasangan. (Langner S, 2017)

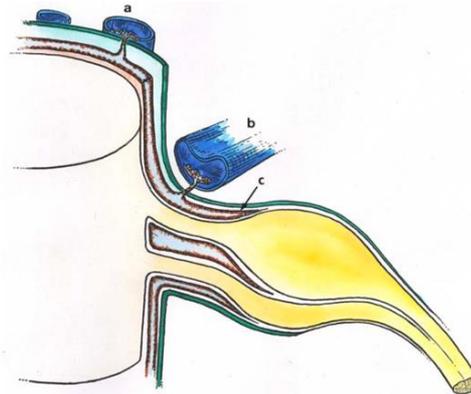


**Gambar 3.**Proses sekresi-sirkulasi-absopsri CSF (Sakka L,2011)

CSF terkandung dalam ventrikel otak dan ruang subarachnoid kranial dan spinalis. Volume CSF rata-rata adalah 150 ml, dengan 25 ml di ventrikel dan 125 ml di ruang subarachnoid. CSF dihasilkan oleh pleksus koroid yang terletak terutama di ventrikel lateral dan pada tingkat yang lebih rendah juga di ventrikel ketiga dan di atap ventrikel keempat. Dan berjalan dari ventrikel lateral melalui foramen Monro ke ventrikel ketiga dan dari sana melalui aquaduktus ke ventrikel keempat. Ventrikel keempat terhubung ke ruang subarachnoid melalui foramen Magendie (apertur median) dan dua foramen lateral Luschka (apertur lateral). Ruang CSF eksternal dibagi menjadi sisterna basalis dan ruang CSF eksternal di atas hemisfer. Kompartemen selanjutnya adalah kanalis spinalis. (Sakka L,2011; Langner S, 2017)

Sirkulasi CSF dari tempat sekresi ke tempat absorpsi sangat bergantung pada gelombang nadi arteri. Faktor tambahan seperti gelombang pernapasan, postur subjek, tekanan vena jugularis dan upaya fisik juga memodulasi dinamika dan tekanan aliran CSF. Tekanan CSF menentukan tekanan intrakranial dengan nilai fisiologis berkisar antara 3 dan 4 mmHg sebelum usia satu tahun, dan antara 10 dan 15 mmHg pada orang dewasa. (Sakka L,2011)

Terlepas dari fungsinya perlindungan hidromekanik dari sistem saraf pusat, CSF juga memainkan peran penting dalam perkembangan otak dan pengaturan homeostasis cairan interstisial otak, yang mempengaruhi fungsi saraf.(Sakka L,2011)



**Gambar 4.**Absorpsi cairan serebrospinal oleh vili arachnoid spinalis dan selubung meningeal nervus spinalis.Vili arachnoid spinal berhubungan dengan pleksus vena epidural (a) dan berdekatan dengan akar saraf spinalis (b).Permukaan absorpsi di resesus meningeal akar saraf spinalis (c). (Sakka L,2011)

Permukaan absorpsi CSF ada pada selubung meningeal, pada resesus meningeal spinalis dan kranialis, terutama saraf trigeminal dan saraf koklea.Saraf optik, yang berasal dari diensefalon, memberikan jalur ekstrakranial yang panjang dalam selubung meningealnya. (Sakka L,2011)

### C. Epidemiologi

Hydrocephalus memiliki insiden sekitar 0,3-0,8 kasus/1000 kelahiran hidup dan anomali lain seperti encephalocele, malformasi Arnold Chiari, kista arachnoid, dan holoprosencephali sering dikaitkan dengannya.(Saidu SA,2016)

Hydrocephalus terjadi sekitar 75.000 per tahun di rumah sakit Amerika Serikat dan lebih dari 50% kasus hydrocephalus bersifat bawaan.Angka kejadian hydrocephalus kongenital yang terjadi yaitu sekitar 68-316 kasus per 100.000 kelahiran di Amerika. Sedangkan di Indonesia, kejadian hydrocephalus pada tahun 2013 berkisar antara 14.216-18.955. Peningkatan

tekanan intraventrikular dan ventrikulomegali disebabkan oleh hydrocephalus yang berkontribusi terhadap kerusakan neurovaskular dan inflamasi. Kerusakan dan inflamasi neurovaskular menyebabkan cedera pada jaringan otak yang mengakibatkan gangguan perkembangan otak. (Lusiana D, 2020; Kahle KT, 2016)

#### D. Etiologi

Hydrocephalus dapat berupa kongenital atau bawaan, atau didapat. Penyebab paling umum dari hydrocephalus didapat pada bayi adalah perdarahan intraventrikular, biasanya karena kelahiran prematur. Setelah hemisferektomi atau reseksi tumor otak, rongga reseksi dapat membesar secara progresif pada beberapa pasien, mungkin karena peradangan pada kompartemen CSF yang terganggu. (Khalatbari H, 2021)

**Tabel 1. Penyebab Hydrocephalus. (Khalatbari H, 2021)**

<b>Penyebab</b>	<b>Contoh</b>
<b>- Kongenital</b>	
<b>Stenosis.aquaduktus kongenital</b>	Hydrocephalus terkait-X dengan stenosis saluran air
<b>Defek neural tube</b>	Malformasi Chiari II terkait dengan mielomeningoel atau mielosistokel nonterminal
<b>Malformasi fossa posterior</b>	Malformasi Dandy-Walker, malformasi Chiari I, kista kantong Blake, dan sefalokel oksipital
<b>Kista perkembangan</b>	Kista arachnoid menekan ventrikel ketiga
<b>Atresia foramen monro kongenital</b>	Sindrom Joubert, sindrom Meckel-Gruber

<b>Siliopati primer</b>	
<b>- Didapat</b>	
<b>Kondisi inflamasi</b>	Perdarahan atau infeksi subarachnoid, perdarahan atau infeksi intraventrikular
<b>Kondisi neoplastic</b>	Tumor otak intraaksial atau ekstraaksial (tumor fossa posterior, tumor pineal, glioma lempeng tektal, dan tumor pleksus koroid), tumor medula spinalis, tumor diseminata dengan infiltrasi meningeal (misalnya tumor neuroektodermal primitif, tumor glioneuronal leptomeningeal difus)
<b>Hydrocephalus setelah hemispherektomi atau pembedahan otak lainnya</b>	Setelah hemispherektomi fungsional untuk epilepsi yang tidak dapat diobati secara medis atau reseksi tumor fossa posterior
<b>- Kondisi vascular</b>	
<b>Malformasi vaskular</b>	Obstruksi ventrikel (malformasi vena Galen), hipertensi vena (malformasi arteriovenosa intrakranial atau fistula)
<b>Gangguan fungsi vena serebral</b>	Obstruksi vena ekstrinsik (displasia skeletal, kraniosinostosis), obstruksi vena intrinsik (trombosis sinus vena), disfungsi vena idiopatik (hydrocephalus idiopatik kongenital)

## Patofisiologi

CSF terutama diproduksi oleh pleksus koroid, yang terletak di dalam ventrikel lateral, ketiga, dan keempat. Kemudian berjalan melalui sistem ventrikel dari ventrikel lateral ke ventrikel ketiga melalui foramen Monro, dari ventrikel ketiga ke keempat melalui aquaduktus atau aquaduktus sylvius. Lalu meninggalkan ventrikel keempat melalui dua foramen lateral Luschka dan foramen median Magendie untuk memasuki sisterna basal, dan sebagian darinya terus mengalir di sekitar sumsum tulang belakang dan di kanal tengah dari sumsum tulang belakang. (Koleva M,2021)

Tempat utama absorpsi CSF adalah granulasi arachnoid yang menjorok ke dalam sinus vena dural, terutama sinus sagital superior. CSF diserap ke dalam sinus vena dan memasuki sirkulasi sistemik. Volume cairan serebrospinal rata-rata sekitar 150 ml, dan produksi harian sekitar 500 ml. Artinya total volume CSF diganti tiga kali per 24 jam. (Koleva M,2021)

CSF mengalir perlahan dari tempatnya diproduksi ke lokasi absorpsi menurut model “aliran massal”. Setiap obstruksi fisik atau fungsional dalam sistem ventrikel, ruang subarachnoid, atau sinus vena dapat menjadi alasan dasar berkembangnya hidrosefalus. Lesi obstruktif atau gliosis dapat menghalangi aliran CSF di dalam sistem ventrikel. Teori hidrodinamik juga diakui berperan dalam patofisiologi hidrocephalus. Penurunan *compliance* arteri karena elastisitas pembuluh subarachnoid dapat menyebabkan pengisian vena berkurang dan terjadi penurunan aliran darah otak. Kemudian terjadi perubahan amplitude tekanan nadi intracranial karena rusaknya arteri serebral. Transduksi tekanan langsung ke otak dan sistem ventrikel yang dibandingkan dengan ruang subarachnoid merupakan mekanisme yang mendasari degenerasi periventrikel. Peningkatan pulsasi CSF juga mengakibatkan aliran aquaduktus dipercepat sehingga menyebabkan hidrocephalus (Preuss M,2013; Koleva M,2021; Damkier HH,2013)

Peradangan atau jaringan parut pada ruang subarachnoid atau peningkatan tekanan vena di dalam sinus vena dapat mengganggu absorpsi CSF ke dalam sirkulasi sistemik. Karena adanya peningkatan tekanan dalam

ekstravasasi CSF transependimal ke dalam jaringan otak, maka akan menyebabkan kerusakan otak dan atrofi. (Koleva M, 2021; Damkier HH, 2013)

Batas fisiologis rata-rata tekanan intrakranial adalah 7-15 mm Hg pada orang dewasa terlentang, 3-7 mm Hg pada anak-anak dan 1,5-6 mm Hg pada bayi, meskipun rata-rata tekanan intrakranial pada populasi anak-anak dapat bervariasi tergantung pada usia. (Harary M, 2018).

#### **E. Diagnosis klinis**

Manifestasi klinis tergantung pada etiologi dan dinamika perkembangan hidrosefalus. Hydrocephalus yang akut dan berkembang dengan cepat adalah penyakit yang mengancam jiwa yang membutuhkan perawatan bedah saraf segera. Peningkatan pada tekanan intrakranial dapat menyebabkan herniasi lobus temporal melalui *notch* tentorial, yang disebut sebagai herniasi transtentorial, dan / atau herniasi serebelum ke dalam foramen magnum. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan kewaspadaan, gangguan fungsi motorik pupil dan sistem okulomotorik, disfungsi otonom, kehilangan refleks batang otak bahkan koma. Sedangkan pada penyakit kronis yang berkembang perlahan-lahan sering kali bermanifestasi dengan gejala nonspesifik, seperti sakit kepala, pusing, dan kesulitan penglihatan dan konsentrasi. Tanda klinis khas tambahan adalah muntah pada pagi hari, dan adanya gambaran seperti edema diskus optic, atrofi optic, papilemapada pemeriksaan oftalmologi. (Langner S, 2017; Pinto VL, 2019).

#### **F. Radiologis**

Diagnosis hidrocephalus didasarkan pada korelasi antara gejala klinis peningkatan tekanan intrakranial dan gambaran sistem ventrikel yang melebar. Hydrocephalus dapat menyertai ventrikulomegali sebagai proses sekunder. Ventrikulomegali adalah akibat dari atrofi jaringan otak dan malfungsi sirkulasi CSF. (Losowska-Kaniewska D, 2007)

Kriteria radiologi yang paling umum digunakan dalam diagnosis hydrocephalus yaitu:

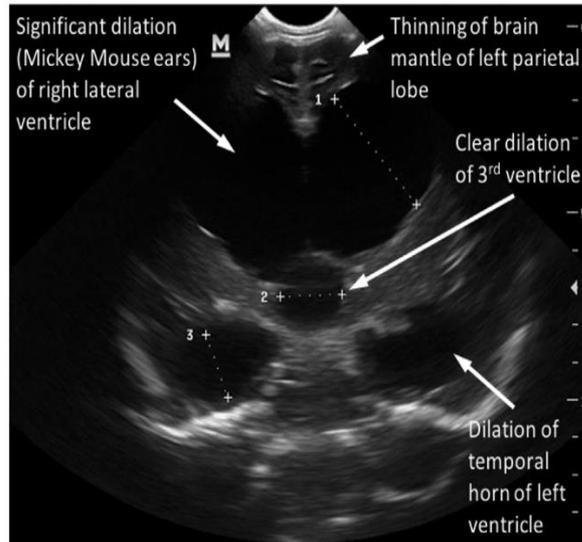
1. Ventrikulomegali (indeks Evans  $>0,3$ ),
2. Pembesaran resesus ventrikel ketiga, ventrikel temporal dan ventrikel lateralis bilateral
3. Penurunan jarak mamillopontine dan sudut cornu anterior
4. Penipisan dan peninggian corpus callosum,
5. Sulkus kortikal normal atau menyempit,
6. Hiperintensitas *white-matter* periventrikular (edema interstisial dan hydrocephalus akut),
7. *Aqueductal flow void phenomenon* pada gambar T2W (tanda hydrocephalus communicans).(Kartal MG,2014)

Indeks Evan adalah parameter yang paling umum digunakan untuk evaluasi dilatasi ventrikel. Indeks ini dapat membantu dalam mendiagnosis dini hydrocephalus pada anak juga. Studi yang dilakukan oleh Palla R,dkk (2018) telah membuktikan bahwa indeks Evan  $>0,3$  dapat membantu mendiagnosis hydrocephalus pada anak(Palla R,2018)

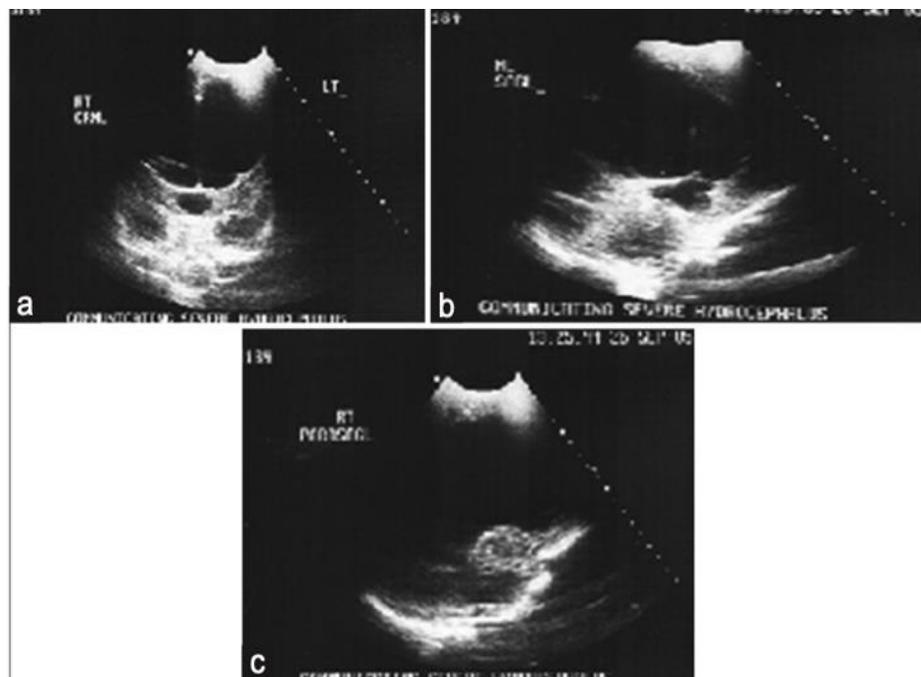
Dalam menegakkan diagnosis hydrocephalus, pemeriksaan radiologi yang dapat digunakan yaitu seperti USG dapat mendeteksi hydrocephalus pada periode prenatal, dapat pula digunakan untuk mengukur dan memonitor ukuran ventrikel, terutama digunakan pada anak prematur. CT Scan dapat digunakan untuk mengukur dilatasi ventrikel secara kasar dan menentukan sumber obstruksi. CT Scan dapat menilai baik secara fungsional maupun anatomikal namun tidak lebih baik daripada MRI, namun karena pemeriksaannya cukup lama maka pada bayi perlu dilakukan pembiusan. (Apriyanto,2013)

Pada gambaran potongan melintang yang diperoleh dengan menggunakan ultrasound, CT, atau MRI, hydrocephalus dapat bermanifestasi sebagai pembesaran ventrikel yang berhubungan dengan kompresi sulkus dan sisterna basalis, corpus callosum yang melengkung ke atas, perpindahan

ventrikel ketiga, pengembangan resesus ventrikel ketiga, edema interstisial periventrikular, atau kombinasi dari tanda-tanda ini.(Khalatbari H,2020)



**Gambar 5.**Bayi 8 bulan datang dengan hydrcephalus onset baru. Adanya dilatasi yang jelas dari sistem ventrikel.1) Ventrikel lateral berukuran 38 mm, 2) Ventrikel ke-3 berukuran 20 mm, 3) ventrikel temporal kanan berukuran 20 mm.(Subramaniam S, 2018)



**Gambar 6.** (A) Pemindaian ultrasonografi koronal menunjukkan dilatasi parah ventrikel lateral kanan dan kiri serta ventrikel ketiga pada anak laki-laki dengan hydrocephalus kongenital tipe communicans.(B) Pemindaian ultrasound menunjukkan ventrikel ke-3 dan ke-4 yang sangat melebar. (C)Pemindaian ultrasonografi parasagittal menunjukkan ventrikel lateral kanan yang sangat melebar (Saidu SA,2016)

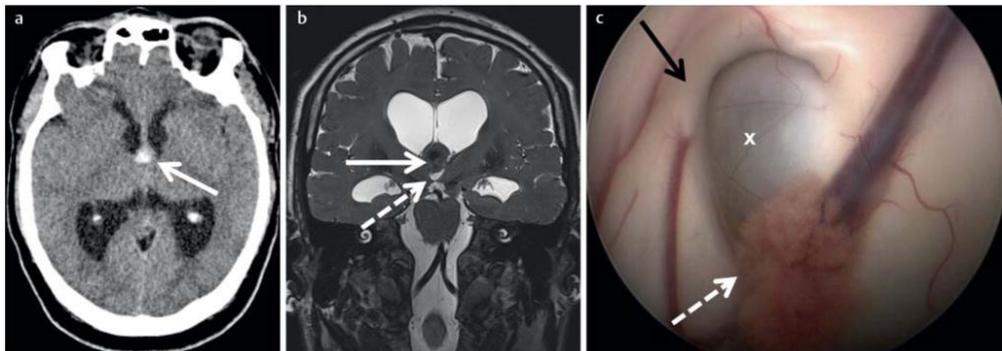
Karakteristik hydrocephalus akut pada CT adalah adanya pita periventrikular densitas rendah pada CT, dan pada MRI, akan tampak rendah pada T1, dan tinggi pada T2/FLAIR, yang mencerminkan apa yang digambarkan sebagai edema interstisial periventrikular.(Humaira NA,2020)



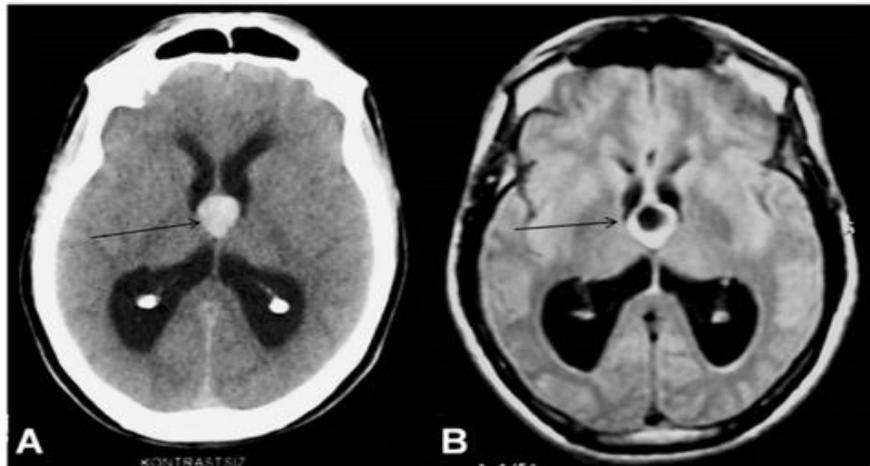
**Gambar 7.**Pemeriksaan CT Kepala Kalsifikasi subependymal massif dengan dilatasi system ventrikuler.(Losowska-kaniewska D,2007)



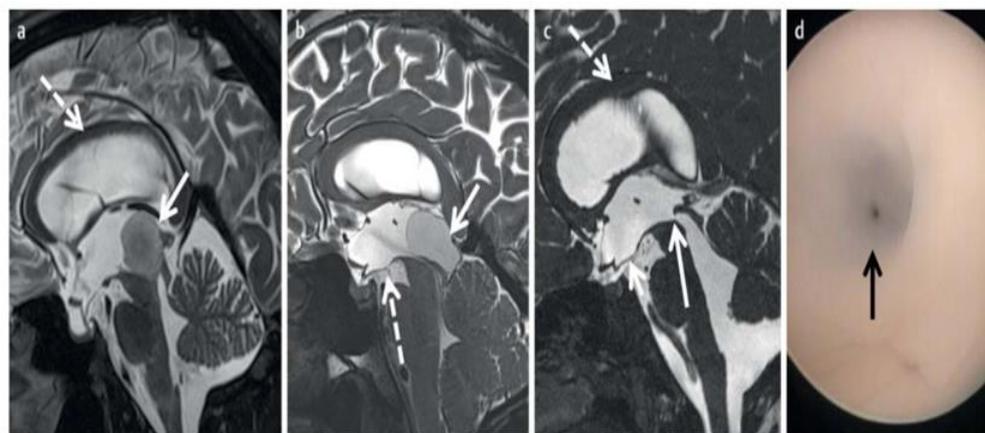
**Gambar 8.**Pemeriksaan CT. Kantong darah dan udara dalam sistem ventrikel sebagai komplikasi setelah pemasangan VP Shunt. Edema serebral.(Losowska-kaniewska D,2007)



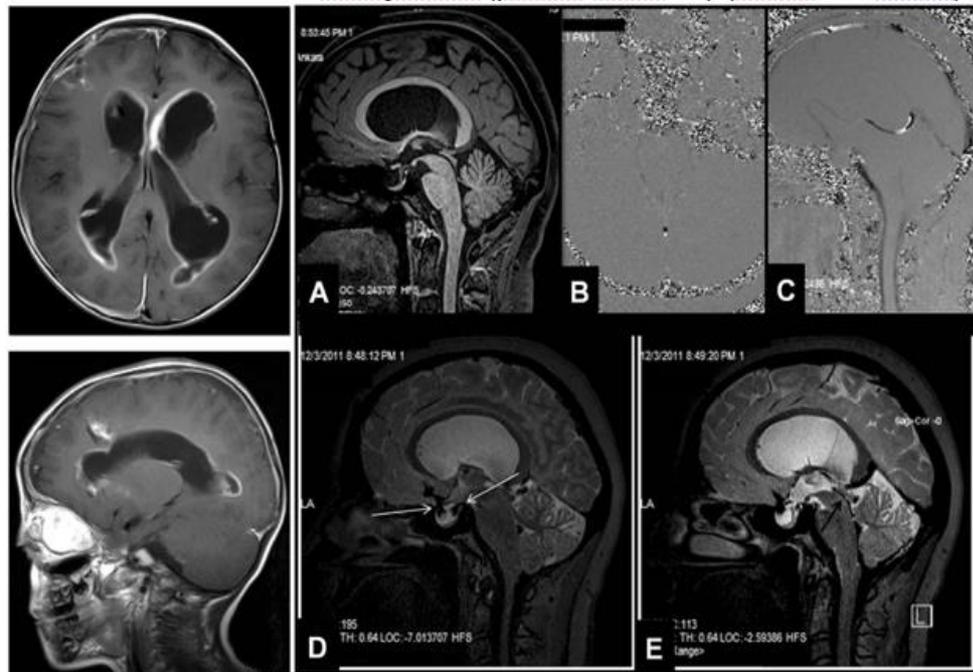
**Gambar 9.**Kista koloid.A) Tampilan Aksial kranial CT scan polos pada pasien usia 56 tahun dengan riwayat sakit kepala, mual dan muntah selama dua hari. Hydrocephalus dengan dilatasi bilateral kornu posterior ventrikel lateral akibat kista koloid (panah). Kista biasanya tampak hiperdens pada CT polos.B) Gambar CISS koronal setinggi foramen Monro pasien berusia 44 tahun dengan hidrosefalus bilateral.Obstruksi bilateral foramen oleh kista koloid (panah) di foramen.Kista tampak hipointens dan ventrikel ketiga (panah putus-putus) kecil dan terdistorsi oleh kista.C) Pandangan endoskopik intraoperatif dari kornu frontal kanan pasien berusia 43 tahun dengan hidrosefalus karena kista koloid. Obstruksi foramen (panah hitam) oleh kista koloid (x). Panah putus-putus menunjukkan pleksus koroid.(Langner S,2017)



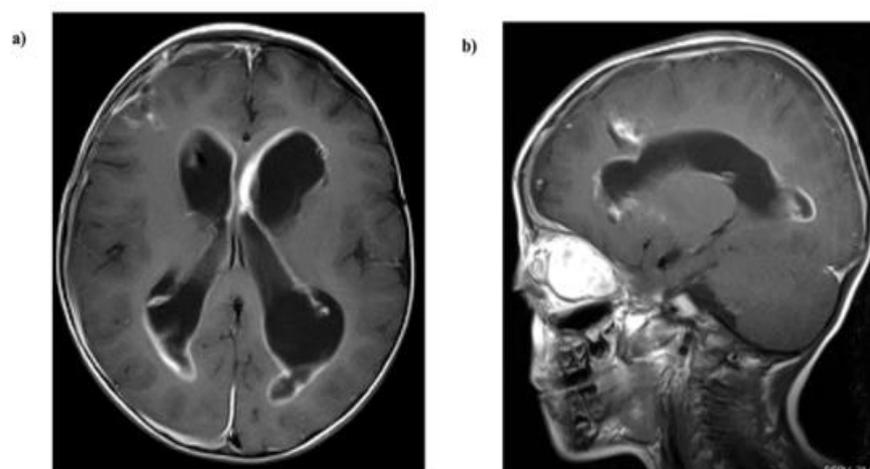
**Gambar 10.** Pasien laki-laki 46 tahun dengan kista koloid. Gambar CT *enhanced* dengan bahan nonkontras aksial menunjukkan lesi hiperdens yang terletak di foramen Monro dengan diameter 2 cm (panah, A). Lesi menunjukkan hipointens pada gambar FLAIR, yang menunjukkan adanya kandungan protein kista (panah, B) (Kartal MG,2014)



**Gambar 11.** Penyebab khas obstruksi aquaduktus. A) Gambar CISS Sagittal dari pasien wanita 24 tahun dengan riwayat sakit kepala 6 bulan dan gangguan gerakan mata menunjukkan massa tektal hiperintens dengan obstruksi aquaduktus. Hidrosefalus berturut-turut dengan melengkung ke atas dari corpus callosum (panah putus-putus), sedangkan dasar ventrikel ketiga terdorong ke bawah. B) Gambar sagittal T2w SPACE dari pasien berusia 28 tahun dengan riwayat muntah-muntah pada pagi hari selama 4 bulan. Kista kelenjar pineal raksasa (panah) menekan aquaduktus dan menghalangi jalan masuknya. Pembengkokan dasar ventrikel ketiga ke bawah menunjukkan hidrosefalus (panah putus-putus). C) Gambar CISS sagittal dari pasien wanita berusia 43 tahun dengan riwayat sakit kepala selama 4 bulan. Stenosis aquaduktal (panah) pada tingkat inlet. Melengkung ke atas dan penipisan ringan corpus callosum (panah putus-putus) dan melengkung ke bawah dari lantai ventrikel ketiga (kepala panah) menunjukkan hidrosefalus. D) Pandangan endoskopik intraoperatif dari pasien yang sama seperti pada gambar C menunjukkan konfigurasi lubang aquaduktus (panah). (Langner S,2017)



**Gambar 12.** Pasien wanita 32 tahun dengan stenosis akuaduktus parsial, sella kosong parsial dan hidrosefalus. Pada gambar 3D-MPRAGE garis tengah sagital tidak ada peningkatan ukuran ventrikel ketiga dan tidak ada kelainan aquaduktus yang terdeteksi (A). Namun, gambar PC-MRI aksial dan sagital (nilai VENC: 6 cm/s) menunjukkan kurangnya aliran CSF di aquaduktus (B, C). Gambar 3D-SPACE sagital menunjukkan aliran CSF dari sisterna basalis prepontine ke dalam rongga sellar melalui diafragma sella (panah putih, D). Temuan ini menjelaskan mengapa hidrosefalus dapat dikaitkan dengan sella kosong pada sebagian besar pasien. Pada gambar 3D-SPACE sagital garis tengah, aquaduktus yang menyempit tetapi paten ditunjukkan (panah hitam, E) (Kartal MG, 2014)



**Gambar 13.** MRI kepala. Gambar aksial (a), sagital (b) *T1-weighted contrast-enhanced*. Perubahan inflamasi jaringan otak yang terletak di sekitar zona kateter yang dimasukkan dan endependimal sistem ventrikelventricular (Łosowska-kaniewska D, 2007)

## **G. Tatalaksana**

Pada kasus hydrocephalus akut, terapi sementara dapat diberikan sampai dilakukan tatalaksana lebih lanjut. Terapi konservatif medikamentosa berguna untuk mengurangi cairan dari pleksus khoroid (asetazolamid 100 mg/kg BB/hari; furosemid 0,1 mg/kg BB/hari) dan hanya bisa diberikan sementara saja atau tidak dalam jangka waktu yang lama karena berisiko menyebabkan gangguan metabolik. Terapi ini direkomendasikan bagi pasien hydrocephalus ringan bayi dan anak dan tidak dianjurkan untuk dilatasi ventrikular posthemoragik pada anak.(Apriyanto,2013)

Tatalaksana terbaik untuk hydrocephalus masih kontroversial.Perawatan shunt untuk hydrocephalus adalah prosedur yang paling umum dilakukan dalam praktik bedah saraf dan dikaitkan dengan tingkat komplikasi tertinggi. Tetapi selama 2 dekade terakhir, pengobatan hydrocephalus telah meningkat dengan perangkat shunt yang lebih baik yang tersedia saat ini, peningkatan fasilitas untuk penyelidikan dan pendekatan yang lebih baru seperti ventrikulostomi ketiga endoskopi. Kemajuan terbaru dalam pengembangan endoskopi yang lebih baik telah memberikan pasien dan dokter yang merawat pilihan untuk operasi alternatif untuk pengobatan hydrocephalus.(Kumar V,2017)

### **1. *Cerebrospinalis (CSF) Shunt***

Upaya awal abad ke-20 untuk memotong jalur CSF yang terhambat melalui kraniotomi terbuka atau mengurangi produksi CSF dengan metode endoskopi sederhana sedikit berhasil tetapi memiliki tingkat morbiditas dan mortalitas yang tidak dapat diterima. Dengan munculnya tabung silastic dan mekanisme katup awal, perhatian diarahkan pada saluran mekanis untuk pengalihan CSF, dan, 60 tahun setelah diperkenalkan, shunting CSF tetap menjadi pengobatan standar. Jenis shunt yang paling umum mengalihkan CSF dari ventrikel ke rongga peritoneum (*ventriculo-peritoneal shunt* [VPS]), meskipun situs distal lainnya seperti atrium kanan jantung dan rongga pleura kadang-kadang digunakan. Shunt

umumnya terdiri dari pipa silastic yang berjalan secara subkutan dari kepala ke perut, dengan katup antara ventrikel dan distal kateter. Tekanan diferensial (dengan pengaturan tetap atau dapat diprogram) atau mekanisme katup pengatur aliran sering dipasangkan dengan perangkat gravitasi untuk mencegah drainase CSF secara berlebihan dari penyedotan terkait postur. Namun, terlepas dari kemajuan teknologi, desain katup tampaknya hanya memiliki sedikit efek pada kemanjuran shunt atau tingkat kegagalan.(Kahle KT,2016)

## **2. *Endoscopic Third Ventriculostomy***

*Endoscopic Third Ventriculostomy* telah dilakukan pada pasien anak selama beberapa dekade terakhir dengan hasil yang baik. Namun telah dilaporkan adanya komplikasi serius seperti perdarahan intraoperatif, cedera talamus, forniks, hipotalamus dan otak tengah setelah ETV. Ada laporan yang juga menunjukkan hasil tergantung pada usia, tidak tergantung pada usia, tergantung pada etiologi atau keduanya yaitu etiologi dan usia. Saat ini, bukti telah muncul bahwa hasil pada neonatus kurang menguntungkan pada pasien anak.(Kumar V,2017)

Teknik ini terdiri dari membuat lubang tunggal tepat di depan sutura koronal dan 2,5 cm lateral dari garis tengah biasanya di sisi kanan. Kemudian diikuti oleh kanulasi ventrikel dengan selubung neuroendoskop dan penyisipan neuroendoskop ke dalam ventrikel lateral. Kemudian dibuat fistula CSF antara ventrikel ketiga dan ruang subarachnoid anterior ke batang otak. Fenestrasi dibuat dengan diseksi tumpul dan tidak menggunakan kauter. Kemudian diperbesar dengan kateter French Fogarty. Fenestrasi harus dibuat pada bagian paling transparan dari lantai dan anterior dari arteri basilaris. Jika arteri basilaris tidak terlihat karena penebalan lantai ventrikel ketiga maka probe Microvascular Doppler dimasukkan melalui endoskopi untuk melokalisasinya.(Kumar V,2017)

## 2.2 *Optic Nerve Sheath Diameter (ONSD)*

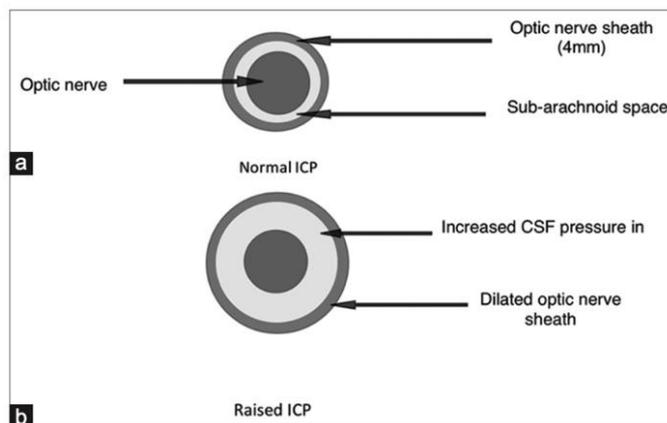
### A. **ONSD Penanda Peningkatan Tekanan Intrakranial**

ONSD telah diusulkan sebagai penilaian untuk mendeteksi peningkatan tekanan intracranial. ONSD merupakan perpanjangan duramater yang menutupi saraf optik hingga ke bagian belakang mata, dan dikaitkan dengan konsekuensi cairan subarachnoid di dalam selubung saraf optik yang bersambungan langsung dengan cairan subarachnoid dari kompartemen intracranial. Maka, apabila terdapat perubahan tekanan intrakranial (TIK), maka akan tercermin dari perubahan ONSD. Ketika TIK meningkat, cairan serebrospinal didorong ke arah tepi kecil ruang subarachnoid antara selubung dan saraf, yang menyebabkan perluasan penutup dural. Perubahan ini lebih terlihat di bagian anterior selubung saraf di belakang bola mata. Oleh karena mekanisme tersebut, ONSD akan terlihat dilatasi atau meningkat pada peningkatan TIK. Penilaian ini pertama kali ditunjukkan oleh Hansen dan Helmke dalam studi eksperimental pada spesimen kadaver dengan derajat distensi terbesar yang terjadi pada 3 mm di belakang bola mata, dimana lokasi ini telah menjadi titik pengukuran standar. (Bender M, 2020, Shinghal A, 2012; Bhandari D, 2019; Sahu S, 2019)

Teknik pemantauan tekanan intrakranial bervariasi dari prosedur invasif hingga non-invasif, dan keduanya memiliki pro dan kontra. Teknik tersebut yaitu seperti menggunakan modalitas USG, CT SCAN, dan MRI. Akurasi diagnostik, reproduktifitas pengukuran ONSD dengan CT scan dan korelasinya dengan tekanan intrakranial telah ditunjukkan dalam banyak penelitian pada pasien dengan tekanan intrakranial normal maupun meningkat. Pengukuran ONSD dengan CT scan atau MRI memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi untuk mendeteksi peningkatan tekanan intracranial. Namun apabila dibandingkan antara kedua modalitas, tidak ada perbedaan rata-rata CT vs MRI yang signifikan ( $P = 0,913$ ). (Sahu S, 2019; Bhandari D, 2019; Kalantari H, 2013)

Nilai *cutoff* ONSD yang optimal untuk mendeteksi peningkatan tekanan intrakranial belum ditetapkan dengan baik, kisaran nilai yang diusulkan bervariasi dari 4,8 hingga 5,9 mm. Sedangkan pada studi Luyt D, dkk (2016)

menyatakan dengan meningkatkan nilai *cut off* sampai 5,0 mm akan menurunkan sensitivitas hingga 85,7% tetapi meningkatkan spesifisitas hingga 100%. Ada juga penelitian yang membuktikan dengan nilai *cut off* 4,6 mm pada wanita dan 4,8 mm pada pria memiliki sensitivitas yang baik. (Bender M,2020, Shinghal A,2012; Luyt D,2016)



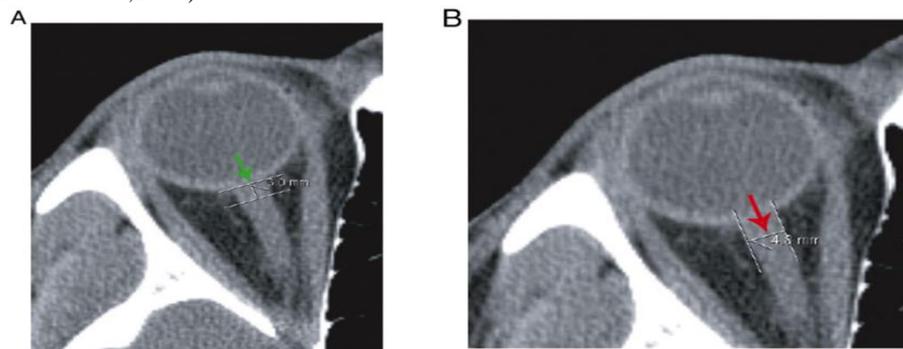
**Gambar 14.** Potongan melintang saraf optik. Ruang subarachnoid memisahkan saraf optik dari selubung saraf optik (a) keadaan normal. (b) Setelah dilatasi selubung saraf optik sebagai akibat dari peningkatan tekanan cairan serebrospinal di ruang subarachnoid. (Sahu S,2019)

Sebuah penelitian terbaru pada 300 pasien mengungkapkan ONSD normal menjadi  $4,94 \pm 1,51$  mm di sisi kanan dan  $5,17 \pm 1,34$  mm di sisi kiri, pada kedalaman 3 mm dari bola mata. Sedangkan pada hydrocephalus, ONSD meningkat (Vaiman M,2015)

Studi Hyung-Lee C,dkk (2018) menunjukkan hasil analisis korelasi antara tekanan intrakranial dan ONSD. ONSD yang diukur ada gambar CT otak pra operasi berkorelasi linier dengan tekanan intrakranial (koefisien korelasi Pearson 0,543,  $P < 0,001$ ). (Hyung-Lee C,2018)



**Gambar 15.**A, CT kepala nonkontras aksial menunjukkan kumpulan ekstra-aksial konveks yang besar di sepanjang konveks serebral kiri. Ada efek massa pada parenkim otak di bawahnya yang juga menyebabkan pergeseran garis tengah. Ada juga kompresi ventrikel kiri. **B**, Pengukuran ONSD pada pasien yang sama menunjukkan diameter yang membesar dari kedua sisi sebesar 6,6 mm. Diameter bola mata transverse pasien adalah 22 mm (r) dan 22,1 mm (l). Rasio ONSD/ETD kanan dan kiri adalah 0,3 terhadap normatif 0,19 (P b 0,05). ONSD untuk pasien ini adalah  $22 \text{ mm} \times 0,19 = 4,2 \text{ mm}$  sebelum terjadi perdarahan. (Bekerman S,2016)



**Gambar 16.**Pengukuran ONSD dengan CT scan.**A**, Gambar CT scan otak dengan saraf optik pada kedalaman 3 mm diukur di belakang bola mata (panah hijau).**B**, Gambar CT scan otak dengan ONSD pada kedalaman 3 mm (panah merah).(Kalantari H,2013)

Begitu juga Sekhon dkk. menemukan ONSD berkorelasi baik dengan tekanan intrakranial invasif pada kohort cedera otak traumatic parah dengan variabilitas interobserver yang rendah. Dengan menggunakan *cut-off* 6 mm, area di bawah kurva adalah 0,83 (95% confidence interval [CI]: 0,73-0,94), memiliki nilai prediksi positif 67% dan nilai prediksi negatif 92%. Mereka menyimpulkan bahwa pengukuran ONSD dengan CT adalah prediktor ICP yang jauh lebih kuat ( $R^2$  dari 0,56) dibandingkan dengan fitur CT lainnya ( $R^2$  dari 0,21). Kelompok yang sama akibatnya menemukan bahwa risiko kematian

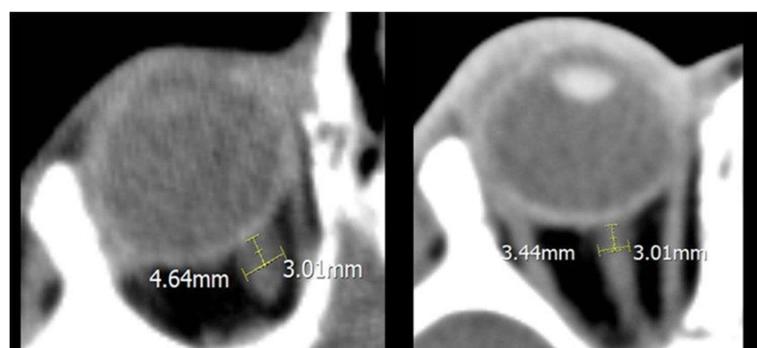
di rumah sakit dua kali lipat dengan setiap peningkatan 1 mm di ONSD (rasio odds: 2,0, 95% CI: 1,2-3,2, P = 0,007). (Sekhon MS,2014)

Bekerman I,dkk (2016) juga telah membuktikan adanya korelasi yang kuat antara peningkatan tekanan intracranial dengan ONSD. Pembacaan diameter selubung saraf optik tergantung pada diameter awal selubung dan elastisitas, ekstensibilitas, dan ketebalan duramater, yang bervariasi dari individu ke individu. Oleh karena itu, studi ini juga menyarankan penilaian tekanan intrakranial melalui ONSD harus dilakukan secara individual saja, dengan memperoleh pembacaan ONSD dan tekanan intrakranial awal dan selanjutnya dan membuat perhitungan khusus untuk pasien tertentu. (Bekerman I, 2016)

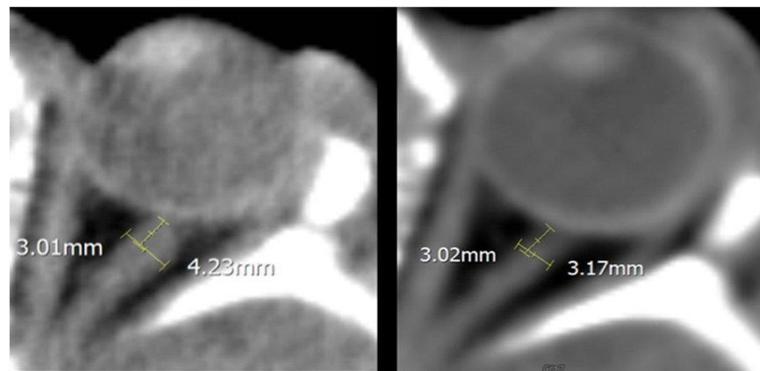
## **B. Perbedaan ONSD pada Sebelum dan Sesudah VP-Shunt**

Pada Studi Bhandari D,2019, menunjukkan adanya penurunan ONSD yang signifikan setelah pemasangan VP shunt pada kelompok dewasa dan anak-anak. Hal ini menunjukkan bahwa setelah intervensi bedah yang berhasil dilakukan akan terjadi penurunan ONSD yang signifikan, yang dapat digunakan sebagai penanda pengganti tekanan intrakranial. (Bhandari D,2019)

Padayachy LC,dkk (2015) membuktikan terdapat perbedaan ONSD pada pasien yang berhasil dan gagal operasi ETV. Perubahan ONSD tersebut adalah 0,73 mm (sd 0,26) pada kelompok yang berhasil operasi dan 0,18 mm (sd 0,34) pada kelompok yang gagal operasi (p = 0,0007). Perbedaan signifikan dalam parameter antara kedua kelompok ini dengan jelas menunjukkan manfaatnya sebagai penanda radiologis untuk membantu pengambilan keputusan dalam hasil ETV. Cut off optimal yang digunakan studi ini adalah 7,5%, dengan sensitivitas 92,9% dan spesifisitas 85,7%. (Padayachy LC, 2015)



Preoperative and postoperative measurement results of the right ONSD  
Of a 9-month-old child



Preoperative and postoperative measurement results of the left ONSD  
of a 2-month-old child