

**TESIS**

**KORELASI DERAJAT ATROFI LOBUS TEMPORALIS MEDIALIS  
DAN KONEKTIVITAS OTAK PADA PEMERIKSAAN MRI 3T DENGAN  
FUNGSI KOGNITIF PADA PASIEN *POST STROKE***

***CORRELATION OF MEDIAL TEMPORAL LOBE ATROPHY  
DEGREE AND BRAIN CONNECTIVITY ON 3T MRI EXAMINATION  
WITH COGNITIVE FUNCTION IN POST STROKE PATIENT***

**SAHARUDDIN**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (Sp-1)  
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**



**KORELASI DERAJAT ATROFI LOBUS TEMPORALIS MEDIALIS  
DAN KONEKTIVITAS OTAK PADA PEMERIKSAAN MRI 3T  
DENGAN FUNGSI KOGNITIF PADA PASIEN *POST STROKE*  
(Berdasarkan Skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion  
Tensor Imaging (DTI-Tractography) Dan Skor Montreal Cognitive  
Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina))**

**KARYA AKHIR**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Dianjurkan Oleh

**SAHARUDDIN**

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (Sp-1)  
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**



## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KORELASI DERAJAT ATROFI LOBUS TEMPORALIS MEDIALIS DAN KONEKTIVITAS OTAK PADA PEMERIKSAAN MRI 3T DENGAN FUNGSI KOGNITIF PADA PASIEN POST STROKE (BERDASARKAN SKOR MEDIAL TEMPORAL ATROPHY (MTA), DIFFUSION TENSOR IMAGING (DTI-TRACTOGRAPHY) DAN SKOR MONTREAL COGNITIVE ASSESMENT-VERSI INDONESIA (MOCA-INA)**

Disusun dan diajukan oleh :

**SAHARUDDIN**

Nomor Pokok : C125201001

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 8 Mei 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

**Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K)**  
NIP. 19610703 198903 1 003

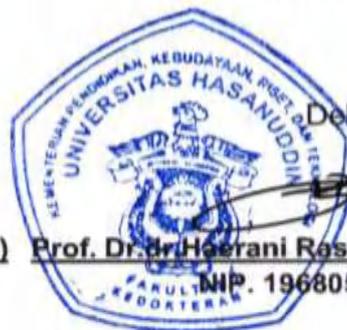
Pembimbing Pendamping

**dr. Junus A. B. Baan, Sp.Rad (K)**  
NIP. 19581019 198912 1 001

Ketua Program Studi

**Prof. M. Kes., Sp.Rad (K)**  
0525 200812 2 001

Dekan Fakultas



**Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes., Sp.PD-KGH, Sp.GK**  
NIP. 19680530 199603 2001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : dr. Saharuddin  
NIM : C125201001  
Program Studi : Ilmu Radiologi  
Jenjang : S1/ PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul "**KORELASI DERAJAT ATROFI LOBUS TEMPORALIS MEDIALIS DAN KONEKTIVITAS OTAK PADA PEMERIKSAAN MRI 3T DENGAN FUNGSI KOGNITIF PADA PASIEN POST STROKE (Berdasarkan Skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) Dan Skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina))**" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari, karya saya terbukti bahwa Sebagian atau keseluruhan adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 21 Juli 2024

  
dr. Saharuddin



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul **KORELASI DERAJAT ATROFI LOBUS TEMPORALIS MEDIALIS DAN KONEKTIVITAS OTAK PADA PEMERIKSAAN MRI 3T DENGAN FUNGSI KOGNITIF PADA PASIEN *POST STROKE* (Berdasarkan Skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) Dan Skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Inda))**. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis- 1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Saya menyadari bahwa penyusunan karya akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga dengan segala kerendahan hati, saya mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya. Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr.dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. dr. Junus A.B. Baan, Sp.Rad (K) selaku Sekertaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. dr. Muhammad Iqbal Basri, M.Kes.,Sp.S (K) selaku Anggota Komisi Penasehat
5. dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K) selaku Anggota Komisi Penasehat

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 telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Departemen Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin ini.

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

- 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 Makassar.

2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Rafikah Rauf, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Alia Amalia, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K), Prof. Dr.dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Rosdiana, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. Amir, Sp.Rad, dr.Sri Muliati, Sp.Rad, Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril,Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Besse Arfiana Arif, Sp.Rad (K), dr. Taufiqquhidayat, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Direksi beserta seluruh staf RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami dalam 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 dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Terima kasih sebesar-besarnya kepada Ayah saya, Batolla (Alm), Ibu saya Hania, Istri saya Dian Risky Djaja serta kedua anak saya Yasmin Nurain dan Muh.Hanan Al Qarni yang saya sangat cintai, atas segala cinta, pengorbanan, pengertian, dorongan semangat serta doa tulus yang selama ini telah mengiringi perjalanan saya dalam menempuh Pendidikan spesialis.



1. PPDS terbaik angkatan Juli 2020 (dr. Muhammad Fadhil, dr. Surya Na Siahaan, dr. Pricilla Shinta, dr. Zida Maulina Aini dan dr. Amalia) serta teman-teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan

bantuan materi, motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.

7. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih. 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 Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya.

Makassar, Juli 2024

dr. Saharuddin



## ABSTRAK

SAHARUDDIN. *Korelasi Derajat Atrofi Lobus Temporalis Medialis dan Konektivitas Otak pada Pemeriksaan MRI 3T dengan Fungsi Kognitif pada Pasien Post Stroke (Berdasarkan Skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dan Skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina)* (dibimbing oleh Bachtiar Murtala, Junus Baan, dan Andi Alfian Zainuddin).

Demensia vaskular adalah salah satu penyebab paling umum dari demensia setelah penyakit Alzheimer. Hal ini menyebabkan sekitar 15% kasus berupa perubahan dalam kognisi, mulai *deficit* halus hingga demensia total yang disebabkan oleh penyakit cerebrovaskular *post stroke*. Atrofi lobus temporalis medialis (MTA) adalah biomarker diagnostik penting dalam berbagai demensia dan terkait erat dengan penurunan kognitif. Skala penilaian yang paling banyak digunakan dalam praktik klinis adalah skala Scheltens dari Medial Temporal Atrophy (MTA). *Diffusion-Tensor Imaging* (DTI) adalah teknik *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) yang digunakan untuk mengevaluasi perubahan struktur mikro pada otak dengan mengukur motilitas molekul air dalam jaringan dengan memanfaatkan nilai *Fractional Anisotropy* (FA). *Tractography* adalah metode *rendering* untuk membantu interpretasi gambar dan memperjelas arsitektur orientasi jaringan dengan mengintegrasikan jalur koherensi difusi maksimum. Peta konektivitas yang diperoleh dengan *tractography* bervariasi sesuai dengan data difusi. *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) dikembangkan untuk mendeteksi gangguan kognitif khususnya dalam membedakan tahap awal penurunan kognitif. Data dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman. Subjek yang memenuhi kriteria penelitian berjumlah 25 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara derajat atrofi Lobus Temporalis Medialis berdasarkan skor MTA dan konektivitas otak berdasarkan DTI-Traktografi dengan penurunan fungsi kognitif pasien *post stroke* berdasarkan skor MoCA-Ina. Semakin tinggi derajat atrofi Lobus Temporalis Medialis (skor MTA), semakin rendah nilai *Fractional Anisotropy* (FA) sehingga menyebabkan destruksi serabut Temporal Stem dan mengakibatkan penurunan fungsi kognitif semakin berat.

Kata kunci: stroke, atrofi lobus temporalis medialis, kognitif, MTA score, DTI-tractography, MoCA-Ina



## ABSTRACT

SAHARUDDIN. *Correlation of Medial Temporal Lobe Atrophy Degree and Brain Connectivity on 3t MRI Examination with Cognitive Function in Post Stroke Patients (based on Medial Temporal Atrophy (MTA) Score, Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) and Montreal Cognitive Assessment-Version Indonesia (MoCA-Iنا) Score* (supervised by Bachtiar Murtala, Junus Haan and Andi Alfian Zainuddin)

Vascular dementia is one of the most common causes of the dementia after Alzheimer's disease, causing approximately 15% of the cases of the changes in cognition, ranging from subtle deficits to total dementia, caused by the post-stroke cerebrovascular disease. The medial temporal lobe atrophy (MTA) is an important diagnostic biomarker in various dementias and is closely associated with the cognitive decline. The most widely used grading scale in clinical practice is the Scheltens' scale of the Medial Temporal Atrophy (MTA). The diffusion-tensor imaging (DTI) is a magnetic resonance imaging (MRI) technique used to evaluate the microstructural changes in the brain by measuring the motility of the water molecules in the tissues by utilizing the Fractional Anisotropy (FA) values. The tractography is the way to help people understand the images by making the structure of the tissue orientation clearer by combining the best diffusion coherence pathways. According to the diffusion data, the connectivity maps are obtained with tractography vary. The Montreal Cognitive Assessment (MoCA) is developed to detect cognitive impairment, specifically in distinguishing the early stages of the cognitive decline. The data were analysed using the Spearman's correlation test. The number of subjects who met the research criteria was as many as 25 people. From the results of the study, it is concluded that there is the correlation between the degree of the atrophy of the Medial Temporal Lobe based on the MTA score with the brain connectivity based on DTI-Tractography with the decrease in the cognitive function of the post-stroke patients based on the MoCA-Iنا score. The higher the degree of atrophy of the Medial Temporal Lobe (MTA score), the lower the Fractional Anisotropy (FA) value, causing the destruction of the Temporal Stem fibers which the results in the decrease in the cognitive function.

Key words: stroke, medial temporal lobe atrophy, cognitive, MTA score, DTI-Tractography, MoCA-Iنا



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Anatomi lobus temporalis medialis.....	6
2.2 Peran lobus temporalis medialis.....	10
2.3 Skor Medial Temporal Atrophy (MTA Score). .....	12
2.3.1 Defenisi.....	12
2.4 Skor Medial Temporal Atrophy (MTA) menggunakan Magnetic Resonance Imaging MRI. ....	13



2.4	Konektivitas otak dan Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography).	14
2.4.1.	Tractus White Matter.	14
2.4.2.	Parameter DTI.	30
2.5	Gangguan kognitif	35
2.5.1	Definisi	35
2.5.2	Epidemiologi	36
2.5.3	Etiopatogenesis	36
2.5.4	Manifestasi klinis	38
2.5.5	Diagnosis	39
2.6.	Montreal Cognitive Assesment Test-Versi Indonesia (MoCA-Ina)	40
2.6.1	Defenisi dan cara pengukuran	40
2.6.2.	Hubungan gangguan kognitif dengan konektivits otak	41

### **BAB III KERANGKA PENELITIAN**

3.1	Kerangka Teori	45
3.2	Kerangka Konsep	46

### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

4.1	Desain Penelitian	47
4.2	Tempat dan Waktu Penelitian	47
4.3	Populasi Penelitian	47
4.4	Sampel dan Cara Pengambilan Sampel	47
4.5	Kriteria Inklusi dan Eksklusi	48
4.6	Ijin Penelitian dan Ethical Clearance	48
4.7	Alokasi Subjek dan Cara Kerja	48
4.7.1.	Alokasi Subjek	48
4.7.2.	Cara Kerja	48
	Alur Penelitian dan Pengumpulan Data	50



4.9 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel.....	50
4.10 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	51
4.11 Pengolahan dan Analisis Data.....	52

## **BAB V HASIL PENELITIAN**

5.1 Karakteristik responden .....	53
5.2 Analisis skor Medial Temporal Atrophy .....	54
5.3 Analisis nilai Fractional Anisotropy .....	55
5.4 Analisis nilai Traktografi Temporal Stem (TS).....	56
5.5 Analisis skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ilna) .....	56
5.6 Hubungan jenis kelamin, usia, pendidikan, onset stroke dan lokasi lesi dengan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ilna).....	57
5.7 Hubungan skor Medial Temporal Atrophy dengan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ilna).....	57
5.8 Hubungan nilai Fractional Anisotropy (FA) dengan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ilna) .....	58
5.9 Hubungan Traktografi Temporal Stem (TS) dengan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ilna).....	59
5.10 Hubungan skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan nilai Fractional Anisotropy (FA) .....	59
5.11 Hubungan skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan Traktografi Temporal Stem (TS).....	60
5.12 Hubungan nilai Fractional Anisotropy (FA) dengan Traktografi Temporal Stem (TS) .....	60



## **BAB VI PEMBAHASAN**

6.1 Hubungan jenis kelamin, usia, pendidikan, onset stroke dan lokasi lesi dengan fungsi kognitif berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina) pada pasien post stroke ....	61
6.2 Hubungan derajat atrofi lobus temporalis medialis berdasarkan skor MTA dengan fungsi kognitif berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina) pada pasien post stroke .....	62
6.3 Hubungan antara nilai Fractional Anisotropy (FA) lobus temporalis medialis dengan fungsi kognitif berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina) pada pasien post stroke .....	62
6.4 Hubungan antara Traktografi temporal stem dengan gangguan kognitif berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina) pada pasien post stroke .....	63
6.5 Keterbatasan Penelitian .....	64
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1 Kesimpulan.....	65
7.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Tractus white matter, koneksi dan fungsi .....	28
<b>Tabel 2.</b> Orientasi serabut substantia alba dan warna yang mewakili .....	34
<b>Tabel 3.</b> Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin, usia dan pendidikan.....	53
<b>Tabel 4.</b> Analisis skor Medial Temporal Atrophy (MTA) .....	55
<b>Tabel 5.</b> Analisis nilai Fractional Anisotropy (FA) .....	55
<b>Tabel 6.</b> Analisis nilai Traktografi Temporal Stem (TS) .....	56
<b>Tabel 7.</b> Distribusi skor Montreal Cognitive Assesment-versi indonesia.....	56
<b>Tabel 8.</b> Hasil Uji Korelasi Jenis Kelamin, Usia, Pendidikan, Onset stroke dan Lokasi lesi dengan skor Moca-Ina.....	57
<b>Tabel 9.</b> Hasil Uji Korelasi skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan skor Moca-Ina .....	58
<b>Tabel 10.</b> Korelasi nilai Fractional Anisotropy (FA) dengan skor Moca-Ina .....	58
<b>Tabel 11.</b> Hasil Uji Korelasi Traktografi Temporal Stem (TS) dengan Skor Moca-Ina.....	59
<b>Tabel 12.</b> Hasil Uji Korelasi skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan nilai Fractional Anisotropy (FA) .....	59
<b>Tabel 13.</b> Hasil Uji Korelasi skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan Temporal Stem (TS) .....	60
<b>Tabel 14.</b> Hasil Uji Korelasi nilai Fractional Anisotropy (FA) dengan Traktografi Temporal Stem (TS).....	60



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Anatomi encephalon .....	7
<b>Gambar 2.</b> Anatomi cortex lobus temporalis medialis aspectus medialis .....	7
<b>Gambar 3.</b> MRI 1.5-T turbo spin echo (TSE) T2WI irisan coronal menggambarkan sulci dan area lobus temporal .....	8
<b>Gambar 4.</b> Vascularisasi lobus temporalis medialis .....	9
<b>Gambar 5.</b> Aliran informasi dari cortex perirhinal dan parahippocampal ke cortex entorhinal sertaformasio hippocampus .....	11
<b>Gambar 6.</b> Pemrosesan sinyal eksteroseptif dan interoseptif lobus temporalis medialis untuk pembentukan memori .....	12
<b>Gambar 7.</b> Fungsi cortex parahippocampalis .....	12
<b>Gambar 8.</b> Grading MTA score .....	13
<b>Gambar 9.</b> Representasi skematis perjalanan tractus cortikospinal .....	15
<b>Gambar 10.</b> Ilustrasi coronal serat asosiasi dan commisura serta hubungannya .....	17
<b>Gambar 11.</b> Fasciculus longitudinal superior pada gambar DTI warna FA (cFA).....	19
<b>Gambar 12.</b> Jalur fasciculus longitudinalis inferior pada DTI warna FA (cFA) .....	20
<b>Gambar 13.</b> Gambar MR SLF, UF dan ILF.....	20
<b>Gambar 14.</b> Gambar MR MLF dari lobulus parietal inferior ke temporal AG, gyrus angularis .....	21
<b>Gambar 15.</b> Corpus callosum dan arah serat pada peta warna FA (cFA) DTI .....	24
<b>16.</b> Ilustrasi MR lokasi temporal stem pada citra coronal, axial, dan sagital.....	25
<b>17.</b> T1WI irisan axial temporal stem kiri, Color coded FA	



menunjukkan komponen tractus .....	25
<b>Gambar 18.</b> Lintasan cingulum .....	26
<b>Gambar 19.</b> Ilustrasi MR truncus cerebri dan Decussasio .....	27
<b>Gambar 20.</b> Gambar skalar DTI.....	30
<b>Gambar 21.</b> Parameter DTI dan formula matriks. FA, AD, RD, dan MD .....	32
<b>Gambar 22.</b> Difusi isotropik versus anisotropik .....	33
<b>Gambar 23.</b> Gambaran coronal capsula interna .....	35
<b>Gambar 24.</b> Gambar skalar (fractional anisotropy) turunan difusi tensor .....	35
<b>Gambar 25.</b> Lesi vascular penyebab Vascular Cognitive Impairment (VCI).....	37
<b>Gambar 26.</b> Lesi otak penyebabgangguan kognitif vaskuler .....	38
<b>Gambar 27.</b> Perubahan pencitraan vascular pada MRI .....	39
<b>Gambar 28.</b> Montreal Cognitive Assesment .....	41
<b>Gambar 29.</b> Gambaran DTI dengan penurunan FA dan tractus white matter pada pasien post stroke depression .....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Ethical Clearance</i> .....	71
Lampiran 2. Tabel Uji Statistik.....	72
Lampiran 3. <i>Curriculum Vitae</i> .....	83



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti dan Penjelasan
MRI	Magnetic Resonance Imaging
3T	3 Tesla
MTA	Medial Temporal Atrophy
DTI	Diffusion Tensor Imaging
MoCA-Ina	Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia
HPC	Hippocampus
ERC	Entorhinal Cortex
PRC	Perirhinal Cortex
PHC	Parahippocampal Cortex
MTL	Medial Temporal Lobe
PMC	Posteromedial Cortex
AD	Alzheimer Disease
FA	Fractional Anisotropy
MD	Mean Diffusivity
PD	Parkinsons Disease
MMSE	Mini Mental State Examination
MCI	Mild Cognitive Impairment
SSP	Sistem Saraf Pusat
PHA	Parahippocampal Area
PreS	Presubiculum
EC	Entorhinal Cortex
	Inferior Lateral Ventricle
	Corticospinal Tract



SLF	Superior Longitudinal Fasciculus
ILF	Inferior Longitudinal Fasciculus
MLF	Medial Longitudinal Fasciculus
AF	Arcuate Fasciculus
LGB	Lateral Geniculate Body
CC	Corpus Callosum
MCP	Medial Cerebellar Peduncle
RA	Relative Anisotropy
VR	Volume Ratio
AD	Axial Diffusivity
RD	Radial Diffusivity
ADC	Apparent Diffusion Coefficient
FT	Fiber Tractography
VCI	Vascular Cognitive Impairment
CBF	Cerebral Blood Flow
DTT	Diffusion Tensor Tractography



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Demensia berasal dari Bahasa latin yang artinya “tidak ada pikiran”. Demensia merupakan suatu keadaan dimana terjadi gangguan kognitif, fungsi dan emosi yang serius dan tidak berhubungan dengan retardasi mental dimana pada retardasi terjadi defisit perkembangan kognitif. (Martono, 2015) (WHO, 2017)

Penyakit Alzeimer adalah jenis demensia paling umum yang awalnya ditandai oleh melemahnya daya ingat, hingga gangguan otak dalam melakukan perencanaan, penalaran, persepsi dan berbahasa. Atrofi lobus temporalis medialis adalah ciri utama penyakit Alzeimer, namun hal itu juga terjadi pada penuaan yang normal. Hippocampus (HPC), entorhinal cortex (ERC), perirhinal cortex (PRC), dan parahippocampal cortex (PHC) adalah subregional dari lobus temporal medial (MTL) yang penting untuk beberapa fungsi kognitif seperti memori deklaratif dan navigasi spasial. (Chauveau L, 2021), (S. B. Rianawati, 2017)

Proses neuron loss terutama terjadi pada daerah cortex (proses memori dan pusat pikiran), limbik (pusat emosi) dan subcortex (tempat neurotransmitter diproduksi). Cortex posteromedial (PMC) dan lobus temporal medial (MTL) adalah dua daerah otak yang sangat rentan pada penyakit Alzheimer (AD). Diskoneksi MTL-PMC struktur dan fungsional terjadi bersamaan dengan plak amyloid dan neurofibrillary. Diskoneksi yang sedang terjadi disertai disfungsi hyperexcitability sirkuit MTL intrinsik lokal akan memperburuk tahap klinis penyakit Alzeimer. (Radford, 2022), (Pasquini et al., 2019),

Pada penyakit Alzheimer (AD), neurodegenerasi berkembang dari hippocampus, menuju lobus temporal dan daerah asosiatif fronto-parietal. Secara konsisten, atrofi hippocampal dan atrofi parietal merupakan prediktor signifikan perkembangan dari Mild Cognitive Impairment menjadi demensia, paling sering karena Alzeimer Disease. Stroke adalah suatu penyakit defisit neurologis akut yang disebabkan oleh gangguan pembuluh darah otak yang terjadi secara mendadak dan dapat menimbulkan cacat atau kematian. Demensia vaskular



adalah satu penyebab paling umum dari demensia setelah penyakit Alzheimer, menyebabkan sekitar 15% kasus berupa perubahan dalam kognisi, memori defisit halus hingga demensia total, yang disebabkan oleh penyebab demensia vaskular post stroke. Penggunaan MRI biasa dengan peran eksklusif pada

awal prosedur diagnostik dapat memiliki peran inklusi untuk mendiagnosis AD dan gangguan terkait. Berdasarkan deskripsi asli Scheltens (Scheltens et al., 1992), skala MTA dinilai pada 3D T1-weighted image, pada potongan coronal sejajar dengan sumbu truncus cerebri dan melewati aqueductus Sylvii. Pada irisan ini, dinilai kedua hemisfer memberikan skor 0-4 sesuai dengan kriteria berikut: 0 tidak ada atrofi, 1 pelebaran fissura choroid, 2 pelebaran tambahan dari cornu temporal ventrikel lateral dan sedikit penurunan tinggi hippocampal, 3 hilangnya volume hippocampus yang moderate, dan 4 peningkatan stadium akhir dari semua temuan ini. (Gauthier, 2021), (Rosa-neto, 2021)

Diffusion-tensor imaging (DTI) adalah teknik magnetic resonance imaging (MRI) yang relatif baru yang sebagian besar telah digunakan untuk mengevaluasi perubahan struktur mikro di otak dengan mengukur motilitas molekul air dalam jaringan. Kemampuan pencitraannya didasarkan pada kemampuan untuk menentukan karakteristik orientasi dan difusi white matter. Fractional Anisotropy (FA) merupakan skala yang paling banyak digunakan dalam DTI mewakili jumlah asimetri difusi dalam voxel. FA adalah penanda integritas aksonal yang menganggap degenerasi dapat mengubah bentuk ellipsoid difusi, dan ini membuatnya sangat sensitif terhadap integritas mikrostruktur. Nilai MD adalah ukuran kebalikan dari kerapatan membran dan tidak tergantung arah, sementara sensitif terhadap selularitas, edema, dan nekrosis. DTI sebagian besar telah diterapkan di PD untuk analisis konektivitas untuk memahami patomekanisme berbagai manifestasi klinis, termasuk gejala motorik, disfungsi kognitif, dan berbagai gejala perilaku, daripada untuk mendiagnosis PD atau mengevaluasi keparahan klinisnya. (Tae, 2018)

Beberapa penelitian juga telah menunjukkan bahwa DTI dapat digunakan sebagai alat diagnostik untuk membedakan pasien dengan sindrom Parkinsonian dari pasien yang sehat, dengan menganalisis perubahan koneksi serat white matter. Satu studi menyarankan bahwa DTI berguna untuk mengevaluasi keparahan klinis berdasarkan investigasi korelasi antara FA di substantia nigra dan gejala motorik klinis. (Tae, 2018)

Tractography adalah metode rendering untuk meningkatkan pencahayaan data dari pencitraan difusi otak yang dikembangkan untuk tujuan interpretasi gambar. Tujuan utama dari tractography adalah untuk jelas arsitektur orientasi jaringan dengan mengintegrasikan jalur difusi maksimum. Serat tumbuh di seluruh otak dengan mengikuti dari



voxel ke voxel arah maximum difusi. Peta konektivitas yang diperoleh dengan tractography bervariasi sesuai dengan modalitas pencitraan difusi yang digunakan untuk mendapatkan data difusi.

Tes yang mengukur kemampuan kognitif spesifik global dan domain seperti memori, perhatian, visuospasial, bahasa dan fungsi eksekutif memainkan peran penting dalam melengkapi riwayat klinis individu yang menunjukkan gejala kognitif. Mini-Mental State Examination (MMSE) dan Montreal Cognitive Assessment (MoCA) adalah contoh tes kognitif yang umum digunakan di seluruh dunia. (Gauthier, 2021)

Montreal Cognitive Assessment (MoCA) dikembangkan oleh Dr Ziad Nasreddine di Montreal, Kanada pada tahun 1995 untuk mendeteksi gangguan kognitif ringan (MCI) oleh para profesional kesehatan. MoCA telah divalidasi dalam banyak kondisi termasuk MCI, penyakit Alzheimer dan demensia Penyakit Parkinson. MoCA terbukti lebih unggul dibandingkan Mini-Mental State Examination (MMSE) sebagai alat penilaian global, khususnya dalam membedakan tahap awal penurunan kognitif. MoCA telah direkomendasikan oleh Institut Kesehatan Nasional dan Konsorsium Stroke Kanada untuk mendeteksi gangguan kognitif vaskular dan Pedoman Konsensus Kanada untuk Diagnosis dan Perawatan Demensia dalam mendeteksi Gangguan Kognitif Ringan dan penyakit Alzheimer. (Hobson, 2015)

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah: Apakah terdapat korelasi derajat atrofi lobus temporalis medialis dan konektivitas otak pada pemeriksaan MRI 3T dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-Ina)

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum :

Untuk mengetahui korelasi derajat atrofi lobus temporalis medialis dan konektivitas otak pada pemeriksaan MRI 3T dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-



### 1.3.2 Tujuan Khusus :

- a. Menilai derajat atrofi lobus temporalis medialis pada pemeriksaan MRI 3T berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-IIna)
- b. Menilai konektivitas otak pada pemeriksaan MRI 3T berdasarkan Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-IIna)
- c. Menilai korelasi derajat atrofi lobus temporalis medialis berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA) dengan konektivitas otak berdasarkan Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) pada pemeriksaan MRI 3T dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-IIna)

### 1.4 Hipotesis Penelitian

Terdapat korelasi derajat atrofi lobus temporalis medialis dan konektivitas otak pada pemeriksaan MRI 3T dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-IIna)

### 1.5 Manfaat Penelitian

#### 1.5.1 Manfaat Teoritik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh perubahan atrofi lobus temporalis medialis dan konektivitas otak pada pemeriksaan MRI 3T dengan fungsi kognitif pada pasien post stroke berdasarkan skor Medial Temporal Atrophy (MTA), Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography) dan skor Montreal Cognitive Assesment-Versi Indonesia (MoCA-IIna)



#### Manfaat Aplikatif

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk membantu klinisi menilai fungsi kognitif dengan mengukur derajat atrofi lobus temporalis

medialis dan sejauhmana keadaan ini menyebabkan perubahan pada sistem konektivitas dari otak serta menjadi dasar menentukan penatalaksanaan yang tepat terkait kondisi tersebut

### **1.5.3 Manfaat Metodologi**

Data dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan menjadi bahan acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya terkait diagnosis klinis, topis dan etiologis suatu gangguan fungsi kognitif berdasarkan temuan radiologik



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

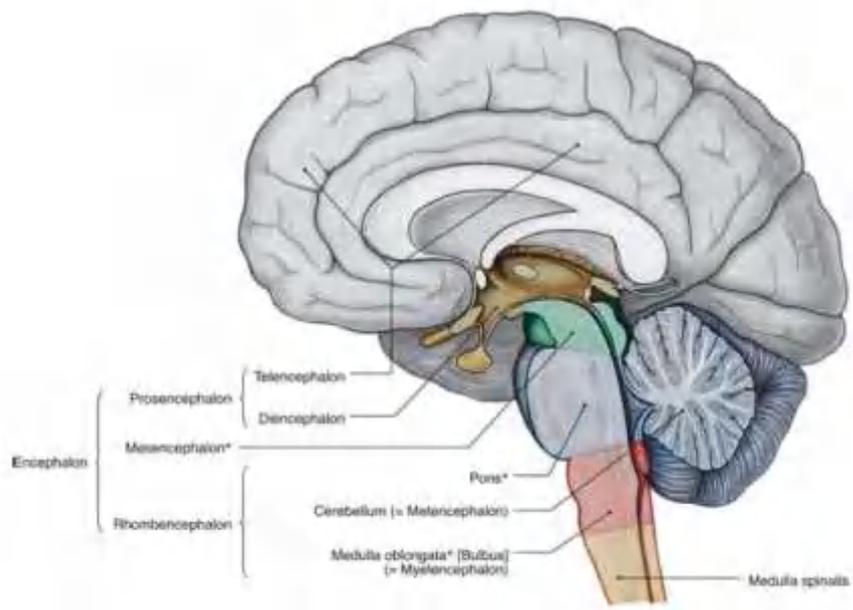
#### 2.1 Anatomi Lobus Temporalis Medialis

Encephalon adalah komponen systema nervosum centrale/sistem saraf pusat (SSP). Selama perkembangan, encephalon dapat dibagi menjadi lima bagian yang saling bersinambungan dari rostral ke caudal adalah:

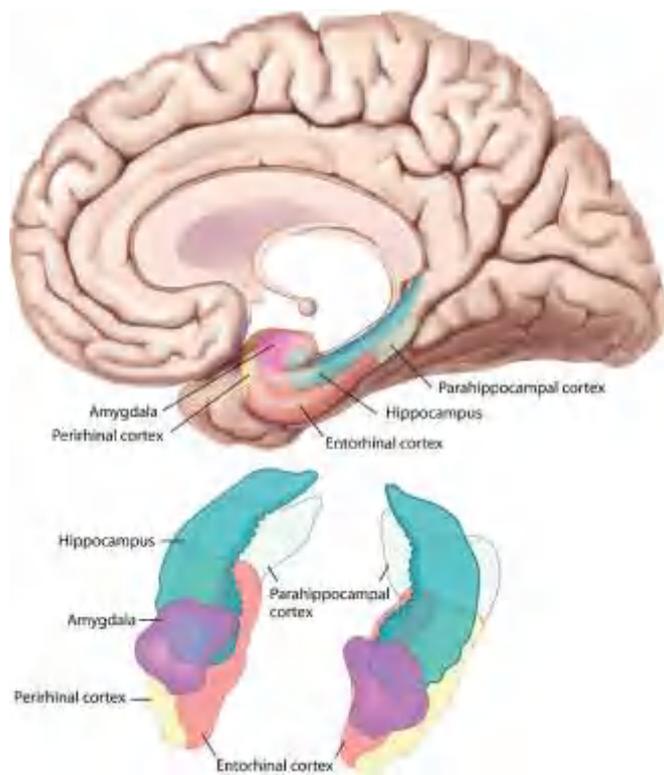
- Telencephalon (cerebrum), yang menjadi hemispherium cerebri yang besar, permukaannya terdiri dari elevasi (gyri) dan depresi/cekungan (sulci) dan sebagian dipisahkan oleh fissure longitudinalis cerebri yang dalam dan mengisi area cranium di atas tentorium cerebelli dan terbagi menjadi lobus-lobus berdasarkan posisinya
- Diencephalon, terdiri dari thalamus, hypothalamus dan struktur-struktur lain yang terkait dan secara klasik dianggap sebagai bagian paling rostral dari truncus encephali (mesencephalon, pons dan medulla oblongata)
- Mesencephalon (midbrain), merupakan bagian pertama truncus encephali dan berada pada batas antara dan pada kedua fossa cranii media dan fossa cranii posterior
- Metencephalon, yang menjadi cerebellum (terdiri dari dua hemispherium di lateral dan satu bagian di garis tengah pada fossa cranii posterior di bawah tentorium cerebelli) dan pons (anterior dari cerebellum, bagian menonjol truncus encephali pada bagian paling anterior fossa cranii posterior yang berhadapan dengan clivus dan dorsum sellae
- Myelencephalon (medulla oblongata), pada bagian caudal truncus encephali yang berakhir pada foramen magnum atau radices paling superior nervus cervicalis I. (Richard L. Drake, 2018)

Lobus temporalis medialis (MTL) adalah aspek medial dari lobus temporal yang berbeda dari area lain yang tersusun dari neocortex. MTL terdiri dari 5 struktur yaitu : amygdala, hippocampus, uncus, gyrus dentatus, dan gyrus parahippocampalis (DeFelipe J,2007).



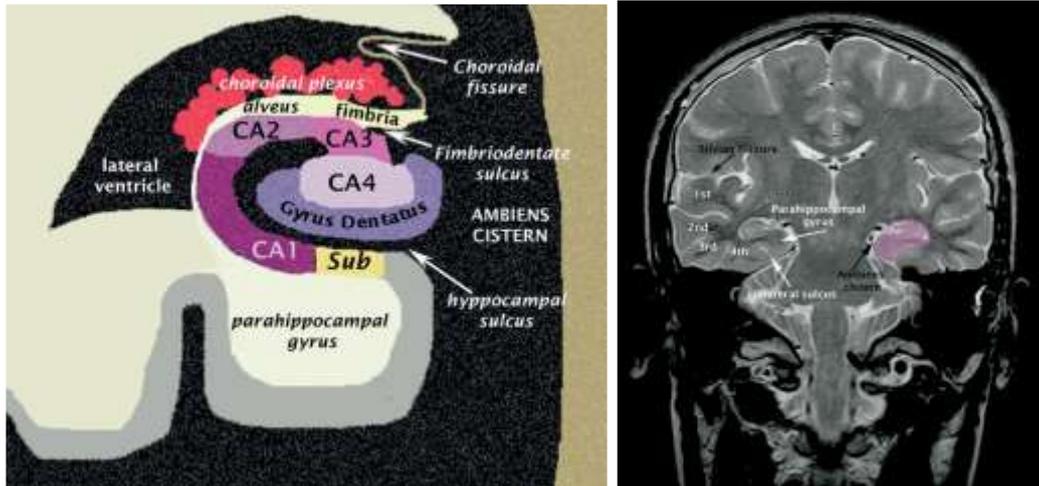


Gambar 1. Anatomi encephalon. (Putz et al., 2007)



2. Anatomi cortex lobus temporalis medialis aspectus medialis. (Raslau et al.,





Gambar 3. MRI 1.5-T turbo spin echo (TSE) T2WI irisan coronal menggambarkan sulci dan area lobus temporal. 1st (area pertama atau temporal superior); 2nd (area kedua atau temporal medial); 3rd (area ketiga atau temporal inferior); 4th (area keempat atau subcollateral). Area berwarna merah muda menunjukkan struktur yang membentuk lobus temporal medial. (DeFelipe et al., 2007)

Area lobus temporalis medialis meliputi area PreS, area EC, dan area parahippocampal (PHA1, PHA2, PH3). Area PreS terletak di permukaan posterosuperior gyrus parahippocampal. Area ini memiliki konektivitas fungsional ke hippocampus, dengan banyak pembagian di lobus frontal, parietal, dan lobus occipital dan konektivitas fungsional lokal ke PHA1 dan PHA2. Area PreS juga memiliki koneksi white matter ke cingulum, precuneus, lobus occipital, serta area EC. Fungsi utama dari area ini ialah memproses informasi spasial. Berbeda dengan area PreS, area EC terletak di uncus pada permukaan posteromedialnya. Area ini mempunyai konektivitas fungsional pada sejumlah pembagian lobus frontal, temporal, dan parietal, serta hippocampus. Area EC juga memiliki koneksi white matter (struktural) ke cingulum. Area ini berfungsi untuk konsolidasi memori dan penyandian asosiasi baru yang cepat. (Patel et al., 2023)

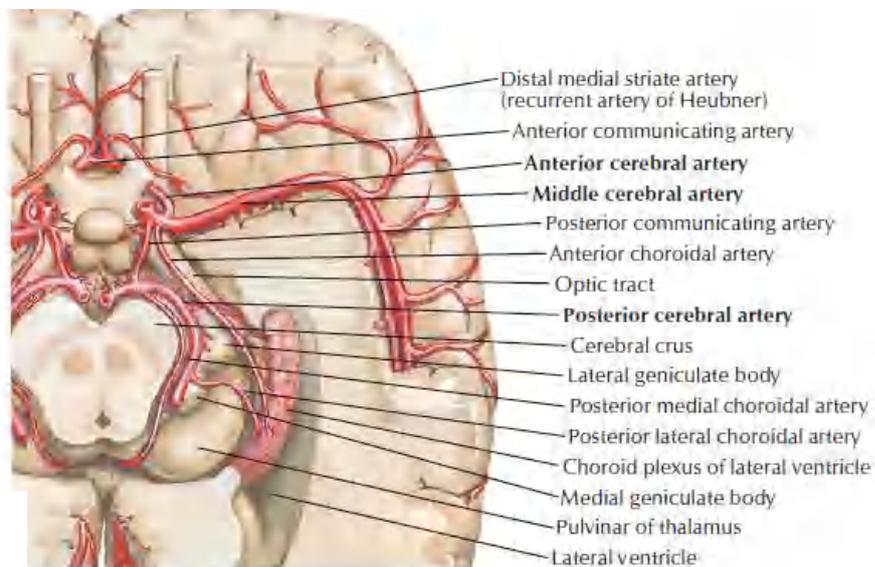
Area PHA1 terletak pada medial gyrus parahippocampal, PHA2 di permukaan inferior, dan PHA3 di dalam sulkus collateral gyrus parahippocampal. Beberapa area ini memiliki konektivitas fungsional untuk pembagian yang berbeda di lobus frontal, temporal, parietal, dan occipital. PHA1 tidak memiliki konektivitas fungsional di lobus occipital, tetapi memiliki koneksi white matter (structural) lokal. Sementara PHA2 dan PHA3 memiliki koneksi white matter ke ILF. Semuanya penting dalam memori episodic dan pemrosesan visuospasial. Adapun tingkat pengenalan wajah, ketiga area ini memiliki sedikit perbedaan. PHA1 inaktifkan sedangkan PHA2 lebih dinaktifkan. Sementara itu, PHA3



memiliki lebih banyak fungsi dalam pengenalan terkait. (Patel et al., 2023)

Hippocampus terletak jauh di dalam lobus temporalis medialis. Formasio hippocampus yang membentuk segmen atas lobus temporalis medialis adalah struktur heterogen yang terdiri dari cornu ammonis area 1 hingga area 4. Hippocampus bertanggung jawab dalam menciptakan ingatan deklaratif yang dapat dipikirkan dan diucapkan secara sadar. Memori deklaratif dapat bersifat episodik maupun semantik. Memori episodik merupakan kemampuan untuk mengingat kejadian tertentu dimasa lampau dalam waktu dan tempat tertentu. Adapun, memori semantik merupakan kemampuan dalam mengingat kembali fakta-fakta umum tentang dunia. Beberapa penelitian berpendapat bahwa hippocampus sangat penting untuk memori episodik sedangkan lobus temporalis medialis untuk memori semantik. (Patel et al., 2023)(Raslau et al., 2015)

Amygdala adalah struktur yang berbentuk seperti almond, terletak di lobus temporalis medialis. Amygdala berfungsi dalam memproses rasa takut, emosional, motivasi, perilaku agresif, keibuan, seksual, dan proses menelan. Selain itu, amygdala juga memegang peran penting dalam pengaturan kognisi, misalnya persepsi, perhatian, dan memori eksplisit, serta penyakit kejiwaan, kecanduan, dan autism. Amygdala dan hippocampus merupakan sistem yang berbeda dan bertabrakan saat emosi bertemu ingatan. Peneliti menemukan bahwa neuron utama yang menghubungkan keduanya adalah neuron pyramidal glutamatergic. Namun, penelitian lain menunjukkan bahwa keduanya mungkin dihubungkan oleh neuron proyeksi nonpyramidal jarak jauh. (Patel et al., 2023),(H.Netter, 2016)



ambar 4. Vascularisasi lobus temporalis medialis. (H.Netter, 2016)  
lobus temporal menerima darah dari sistem carotis dan vertebrobasilar.



Arteri choroidalis anterior, yang merupakan cabang preterminal carotis interna, berjalan di sepanjang tractus opticus dan kemudian sepanjang fissura choroid, yang pada tingkat ini menyorok ke permukaan lobus temporalis medial, memisahkan fimbria hippocampus dari stria terminalis dan nucleus caudatus. Struktur di lobus temporal yang disuplai oleh arteri choroidalis anterior adalah ujung anterior gyrus parahippocampus, uncus, amygdala dan plexus choroid di cornu temporal ventrikel lateral.(Kiernan, 2012)

Arteri cerebri media, cabang terminal carotis interna melintasi insula di dasar sulcus lateral, memberikan cabang yang mensuplai cortex gyrus temporal superior dan media serta polus temporal. Arteri cerebri posterior mengeluarkan dua hingga empat cabang temporal, sebelum terbagi menjadi arteri calcarina dan parieto-occipital, yang memperdarahi lobus occipital. Cabang temporal dari arteri cerebri posterior menyuplai permukaan inferior sebagian besar lobus temporal, tetapi tidak ke kutub temporal.(Kiernan, 2012)

Drainase vena cortex temporal dan substansia alba di bawahnya berjalan ke anterior ke dalam vena cerebri media superfisial, di cisterna sulcus lateral dan juga ke dalam vena anastomosis inferior (vena Labbe), yang menghubungkan vena cerebri media superfisial. dengan sinus transversus. Darah dari bagian dalam lobus, termasuk amygdala, hippocampus, dan fornix, mengalir ke vena choroidalis posterior. Pembuluh ini terletak di sepanjang plexus choroid ventrikel lateral, berjalan ke atas lalu ke depan, bergabung dengan vena thalamostriate tepat di belakang foramen interventrikular untuk membentuk vena cerebri interna. Vena cerebri interna kiri dan kanan berjalan ke posterior di fissura transversal antara crura fornix dan di bawah splenium corpus callosum yang bergabung dengan vena basal dan bersatu membentuk vena serebral besar, struktur garis tengah yang berlanjut.(Kiernan, 2012)

## 2.2 Peran lobus temporalis medialis

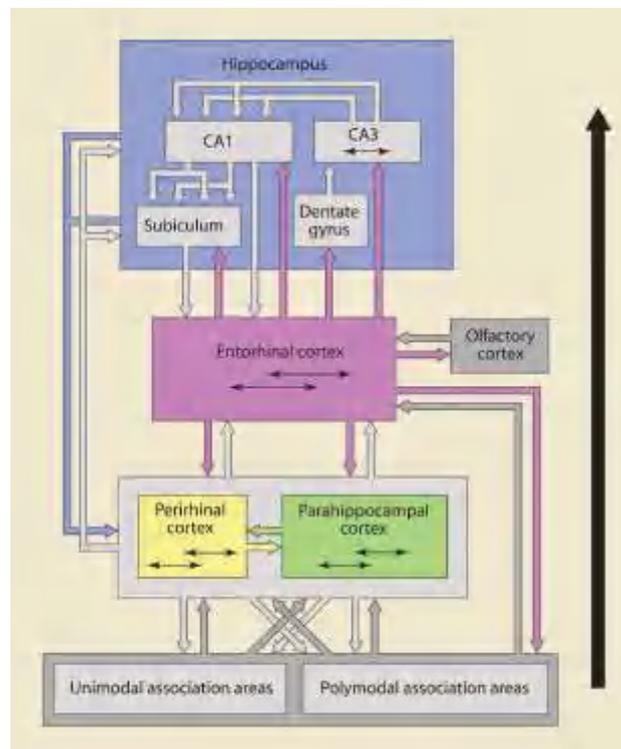
Lobus temporalis medialis memainkan peran sentral dalam pemrosesan memori dan lebih dari sekadar hippocampus. Organisasi lobus temporalis menunjukkan format hirarki dimana informasi awalnya dikumpulkan ortex perirhenal dan parahippocampalis, diteruskan ke cortex entorhinal irnya mencapai formatio hippocampus yang membentuk proyeksi



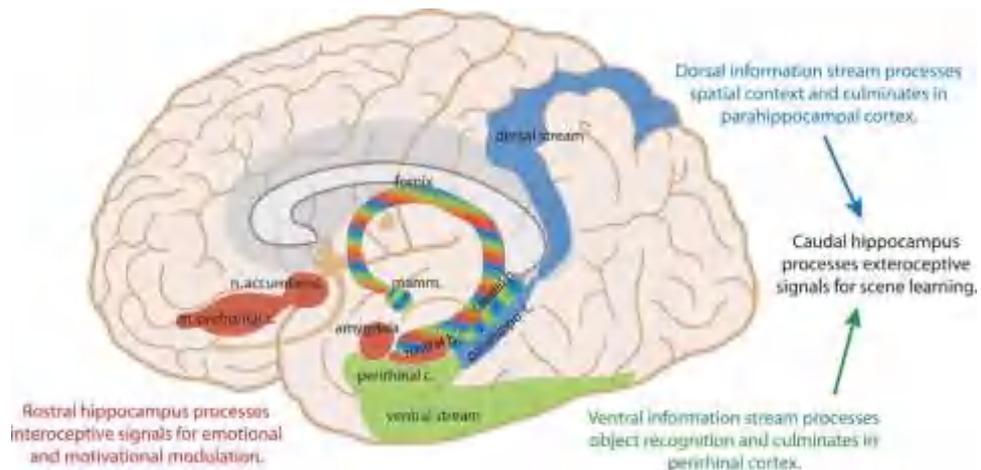
keluaran utama melalui fornix. (Raslau et al., 2015)

Informasi eksteroseptif diproses oleh gyrus parahippocampal melalui aliran ventral dan dorsal. Aliran ventral dari lobus occipital terdiri dari informasi visual dalam hal pengenalan objek, sedangkan aliran dorsal dari lobus parietal membawa informasi konteks spasial ke gyrus parahippocampal. Sinyal interoseptif membawa informasi seperti emosi dan motivasi dari cortex prefrontal medial, nucleus accumbens dan amigdala ke formasio hippocampus rostral dan daerah cortex rhinal. Informasi dari berbagai sumber ini digabungkan dan pada akhirnya dikeluarkan melalui fornix dari formasio hippocampus. (Raslau et al., 2015)

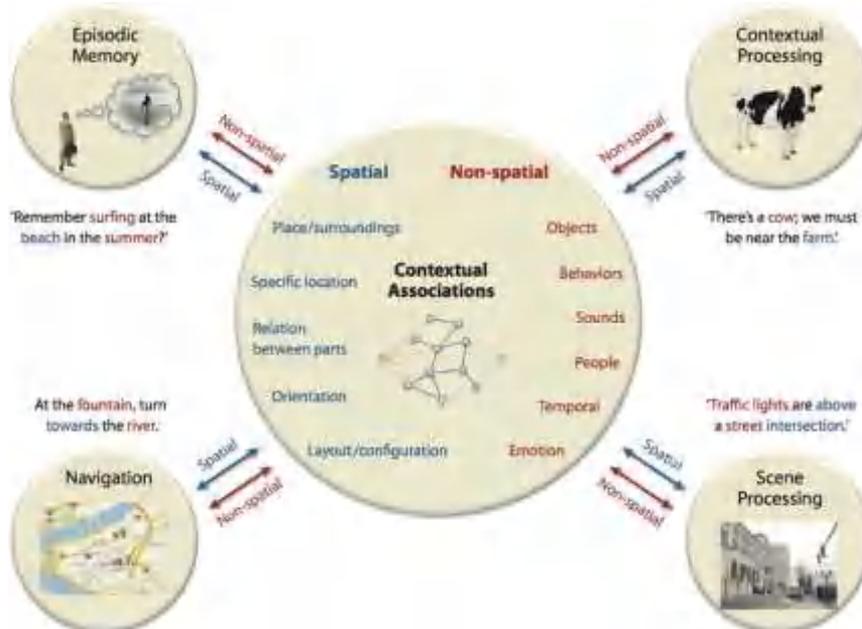
Cortex entorhinal medial (area Brodmann 28b) secara aktif terlibat dalam pemrosesan informasi spasial dari aliran dorsal, sedangkan cortex entorhinal lateral (area Brodmann 28a) melakukannya dengan informasi pengenalan objek dari aliran ventral. Selain itu, cortex rhinal secara fungsional membedakan masukan informasi yang familiar dan baru, oleh karena itu, cortex rhinal berfungsi sebagai penjaga gerbang sistem memori deklaratif dengan mengoptimalkan sumber daya pengkodean memori untuk informasi baru. (Raslau et al., 2015)



ambar 5. Aliran informasi berasal dari cortex perirhinal dan parahippocampal ke cortex entorhinal dan kemudian ke formasio hippocampus. (Raslau et al., 2015)



Gambar 6. Pemrosesan sinyal eksteroseptif dan interoseptif lobus temporalis medialis untuk pembentukan memori. Aliran ventral dari lobus occipitalis memproyeksikan informasi tentang pengenalan objek, sedangkan aliran dorsal dari lobus parietalis menyampaikan informasi spasial. Sinyal intersepsi rostral menyampaikan emosi dan motivasi. (Raslau et al., 2015)



Gambar 7. Fungsi cortex parahippocampalis melibatkan lebih dari sekedar pemrosesan spasial. Koneksi dengan berbagai area lobus frontalis, parietalis, dan temporalis memposisikan cortex parahippocampalis sebagai komponen penting dalam memproses asosiasi kontekstual yang merupakan aspek fundamental dari fungsi kognitif yang lebih tinggi. (Raslau et al., 2015)

## 2.3 Skor Medial Temporal Atrophy (MTA Score)

### 2.3.1 Definisi

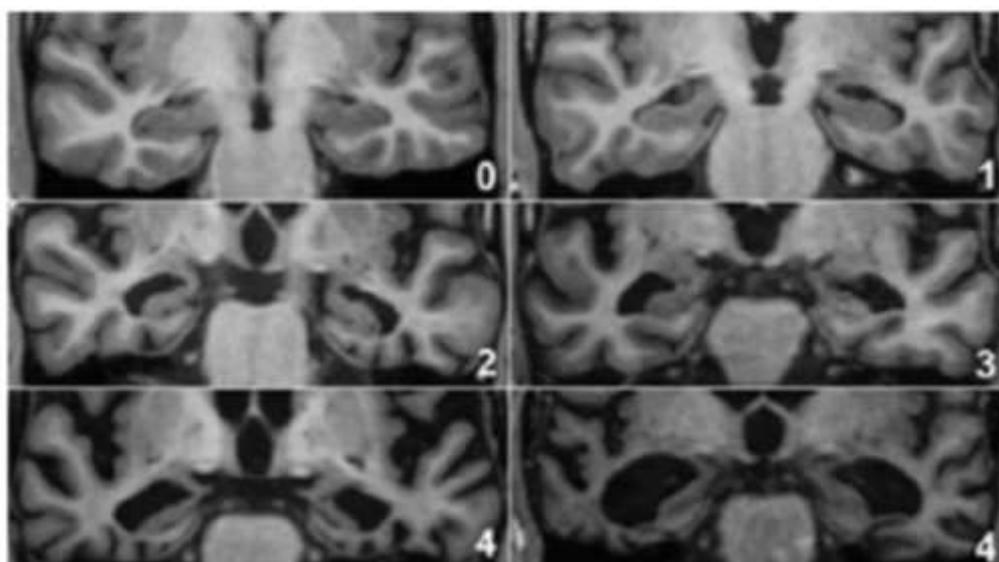


atrofi lobus temporalis medialis (MTA) adalah biomarker diagnostik penting berbagai demensia dan terkait erat dengan penurunan kognitif. Skala yang paling banyak digunakan dalam praktik klinis adalah skala

Scheltens dari Medial Temporal Atrophy (MTA). Skala MTA mengukur tingkat atrofi di hippocampus (HC) dan struktur sekitarnya, fissura choroid dan ventrikel lateral inferior (ILV). Penyakit cerebrovascular dan cardiovascular menyebabkan cedera vaskular otak yang dapat menyebabkan gangguan kognitif vascular (VCI) berupa perubahan dalam kognisi, mulai dari defisit halus hingga demensia total, yang disebabkan oleh penyebab cerebrovascular. (Iadecola, 2013), (Mårtensson et al., 2020)

### 2.3.2 Skor Medial Temporal atrophy (MTA) menggunakan Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Skor Medial Temporal Atrophy (MTA) sering digunakan untuk menentukan seseorang mengalami gangguan kognitif dan MRI sejauh ini merupakan alat *Imaging* yang paling baik untuk memperlihatkan jelas MTA skor dan memperlihatkan perbedaan masing-masing grade 0-4, seperti pada gambar berikut. (Kaushik et al., 2021)



Gambar 8. menunjukkan MRI lobus medial temporal pada cerebral dan menunjukkan perbedaan pada grade 0-4 MTA Score (Chatra et al., 2021)

Perbedaan yang mencolok antara grade 0-4 pada medial temporal atrophy skor dimana pada MTA skor grade 0 sama sekali tidak ada perbedaan dengan lobus medial temporal normal, pada MTA skor grade 1 sudah terdapat sedikit pelebaran terhadap fissura choroideus, pada MTA skor grade 2 terjadi pelebaran ventrikel lateral dan sedikit pengurangan atau pengecilan ukuran hippocampus, MTA skor grade 3 sendiri menunjukkan hal yang sama dengan grade 2 akan tetapi dengan pengurangan volume hippocampus yang



sedikit lebih banyak, sedangkan pada MTA skor grade 4 terjadi pelebaran hebat pada fissura choroid ventrikel lateral, cornu temporalis dan pengurangan volume yang lebih lagi pada formasi hippocampus.(Calandrelli et al., 2022)

## 2.4 Konektivitas otak dan Diffusion Tensor Imaging (DTI-Tractography)

### 2.4.1 Tractus White Matter

Sistem saraf pusat (SSP) terdiri dari encephalon (hemispherium cerebri, cerebellum dan truncus encephali) dan medulla spinalis. Salah satu struktur pembentuk dari hemispherium cerebri adalah substantia alba (*white matter*) yang terletak di bagian dalam otak dan terdiri dari axon-axon yang membentuk tractus atau jaras. (Richard L. Drake, 2018)

Tractus atau jaras yang membentuk substantia alba, secara umum diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan konektivitasnya, yaitu (Abdrabou et al., 2019):

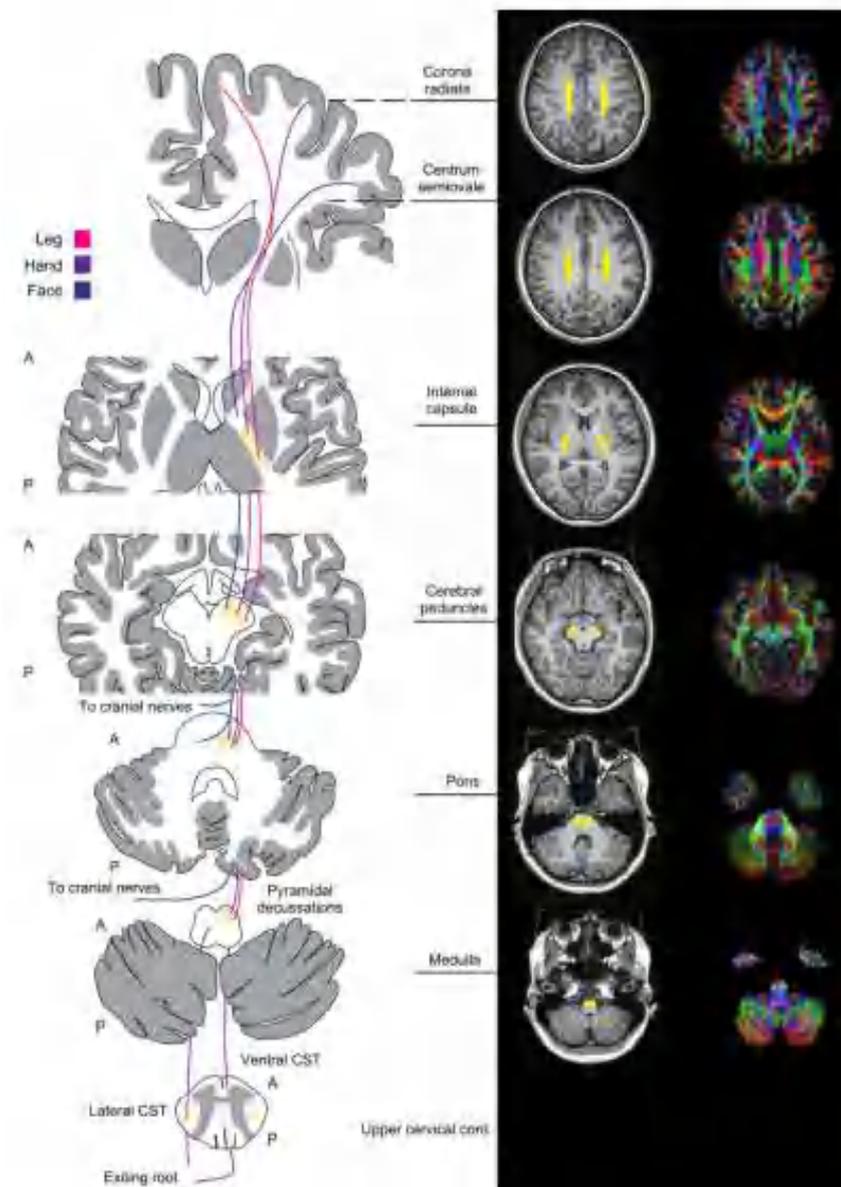
#### 1. *Serabut Proyeksi*

*Serabut Proyeksi*, yaitu kelompok tractus *ascendens* dan *descendens* yang menghubungkan cortex dengan *deep gray nuclei*, cerebellum, truncus cerebri, dan medulla spinalis. Tractus-tractus yang termasuk bagian dari kelompok ini adalah(Wycoco et al., 2013):

##### a. *Tractus Corticospinal* (CST)

Tractus corticospinalis merupakan tractus yang menghubungkan area motorik pada cortex otak (gyrus precentralis) dengan medulla spinalis. Dari cortex, serabut saraf berjalan membentuk corona radiata dan pada tingkat medulla spinalis akan bersilangan ke sisi kontralateral membentuk *pyramidal decussation of Mistichelli* yang selanjutnya terbagi menjadi tractus corticospinalis lateral dan anterior.(Abdrabou et al., 2019; Natali et al., 2022; Palipana et al., 2022; Wycoco et al., 2013)





Gambar 9. Representasi skematis dari perjalanan tractus cortikospinal pada berbagai tingkat anatomi dengan gambar MRI T1WI dan peta warna FA (cFA) yang sesuai. Orientasi ilustrasi skema cocok dengan gambar MR (anterior [A] adalah margin atas setiap irisan dan [P] posterior adalah margin bawah.)(Wycoco et al., 2013)

#### b. *Tractus Corticobulbar*

Tractus corticobulbaris merupakan tractus yang berjalan dari corona radiata dan genu capsula interna melewati tractus corticospinalis mediodorsal pada edunculus cerebri. Tractus ini menghubungkan area motorik cortex dengan nucleus nervus cranial yang ada di truncus cerebri.(Bhardwaj & ;022; Fregosi et al., 2018; Sciacca et al., 2019; Wycoco et al., 2013)



c. *Tractus Corticopontine*

*Tractus Corticopontine* berjalan dari gyrus precentralis dan postcentralis, mencakup area premotorik, *supplementary motor*, cortex posterior-parietal, prefrontal dan temporal. Tractus berjalan melewati capsula interna crus anterior dan pedunculus cerebri media sebelum berakhir di nucleus pontine. Selanjutnya, *second-ordo neurons* akan menyilang ke sisi kontralateral membentuk jaras pontocerebellar. (Hijaz et al., 2019; Wycoco et al., 2013)

d. *Capsula Interna*

Capsula interna merupakan komponen utama dari serabut proyeksi dan terbagi menjadi 3 bagian, yaitu (Emos et al., 2022; Wycoco et al., 2013):

- 1) Crus anterior, berada di antara nucleus lentiformis dan caput dari nucleus caudatus di mana radiation thalamicus anterior dan tractus frontopontine berjalan;
- 2) Crus posterior, memisahkan nucleus lentiformis posterior dan thalamus di mana tractus corticospinalis, corticobulbaris dan frontopontine berjalan. Struktur ini juga dapat dibagi menjadi segmen thalamolenticular, sublenticular dan retrolenticular. Segmen retrolenticular berjalan sebagai *radiation thalamic posterior*, corticotectal, corticonigral dan corticotegmental. Segmen sublenticular tersusun atas *radiatio thalamic inferior*, *radiation auditory*, serabut temporal serta parieto-occipital corticopontine;
- 3) Genu, berada di antara crus anterior dan posterior yang terdiri dari serabut corticobulbar dan corticoreticular, termasuk beberapa serabut frontopontine dan *radiatio thalamic superior*.

e. *Radiatio thalamicus*

Thalamus memiliki koneksi timbal balik (serabut corticothalamicus dan thalamocortical) hampir di seluruh bagian dari cortex otak. Tractus ini berjalan melewati crus posterior dan anterior segmen retrolenticular capsula interna sebagai anterior, superior dan posterior *radiatio thalamicus* dan berakhir dengan membentuk corona radiata. (George & Das, 2022; Sciacca, 2019) Koneksi yang dimaksud, yaitu:



Tractus *Geniculocalcarina* (*Optic Radiation*)

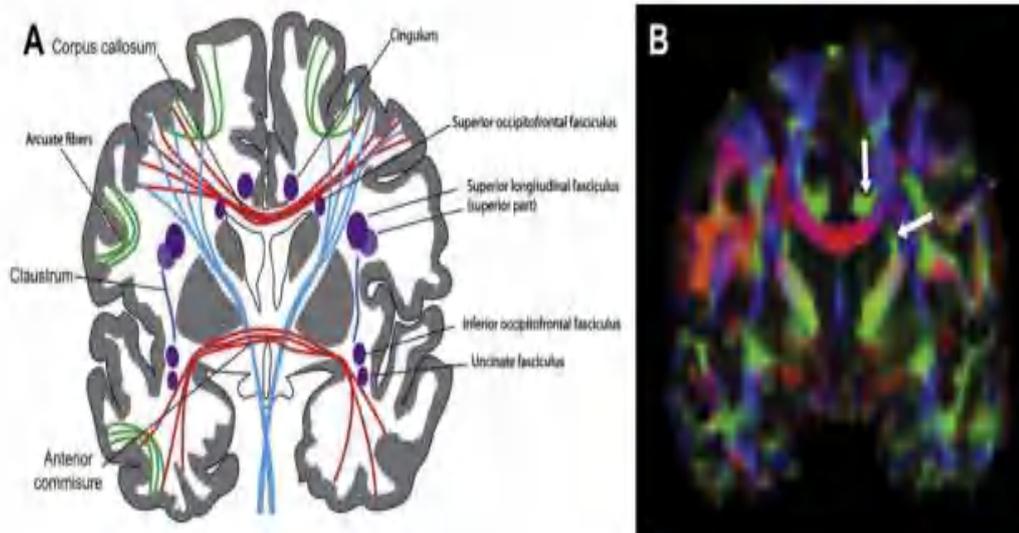
Tractus ini menghubungkan corpus geniculatum lateral dengan cortex visual

primer yang tersusun atas 3 berkas serabut, yaitu (Hijaz et al., 2019; Wycoco et al., 2013):

- 1) *Anterior bundle*, sebagai serabut retina inferior yang berproyeksi dari corpus geniculatum lateral berjalan lateral dan anterior melewati cornu anterior temporal ipsilateral. Selanjutnya, berkas serabut ini berjalan posterior membentuk *the Meyer loop* di sepanjang dinding inferior lateral pada cornu temporal melewati batang temporal untuk bersatu di bagian fissure calcarina.
- 2) *Central bundle*, berpusat pada regio makula dan berjalan lateral melewati cornu temporal sebelum mencapai dinding lateral cornu occipital pada lobus occipitalis.
- 3) *Posterior bundle*, berpusat pada retina superior dan berjalan posterior melewati *trigone* dan cornu occipitalis dan berakhir pada tepi fissura calcarina.

## 2. Serabut Asosiasi

*Serabut Asosiasi*, yaitu kelompok tractus yang menghubungkan berbagai regio cortex pada hemisfer cerebrum yang sama. (Hijaz et al., 2019; Wycoco et al., 2013)



Gambar 10. Ilustrasi coronal menunjukkan berbagai serat asosiasi dan commisura serta hubungannya. (A: Skema, B: peta warna FA coronal pada tingkat cornu frontal) Corpus kalosum terlihat antara cingulum superomedial dan fasciculus occipitofrontal superior secara inferolateral (panah). Berkas SLF sepanjang margin superior claustrum dan dinisahkan dari SLF oleh capsula internal dan corona radiata. Fasciculus occipitofrontal terletak di sepanjang tepi inferolateral claustrum sepanjang insula inferior. Fasciculus uncinause terlihat inferomedial ke fasciculus occipitofrontal inferior. (Wycoco et



Tractus-tractus yang termasuk bagian dari kelompok ini adalah:

a. *Fasciculus Longitudinalis Superior* (SLF)

*Fasciculus Longitudinalis Superior* (SLF) merupakan tractus terbesar pada kelompok serabut asosiasi yang menghubungkan lobus frontal dengan parietal, temporal dan occipital termasuk fasciculus arcuata.(Wycoco et al., 2013)  
Komponen SLF terdiri dari empat bagian:

1) SLF I

SLF I berada di lobus parietal superior, gyrus precentralis dan postcentralis, *superior precuneus*, dan regio posterior dari gyrus frontal superior. Keterlibatan medial, parietal dan superior dari SLF I menunjukkan kontribusinya dalam mengatur aspek perilaku motorik yang lebih tinggi, termasuk tugas asosiatif bersyarat (yaitu, pemilihan tugas motorik yang berbeda berdasarkan aturan bersyarat).(Wycoco et al., 2013)

2) SLF II

SLF II menghubungkan cortex prefrontal dengan cortex parietal inferior caudal dan terletak di gyrus angularis, gyrus supramarginal, gyrus presentral dan postsentral, gyrus frontalis medius, dan daerah occipitotemporo-parietal. SLF II memberikan informasi dua arah dan umpan balik antara daerah parietal prefrontal dan posterior dengan informasi mengenai persepsi ruang visual, dengan lesi yang mengakibatkan gangguan memori kerja spasial.(Wycoco et al., 2013)

3) SLF III

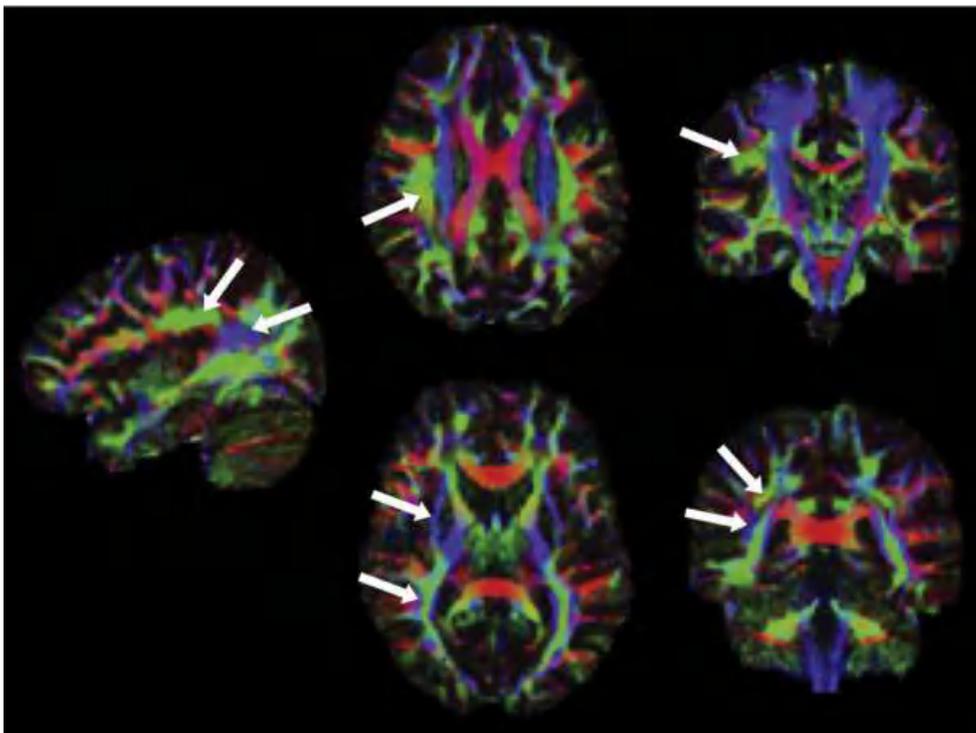
SLF III dapat berfungsi untuk mentransfer informasi somatosensori, termasuk artikulasi bahasa dan memantau gerakan orofasial dan tangan. SLF III memiliki kemungkinan koneksi antara pars opercularis dan gyrus supramarginal, dengan koneksi dua arah antara cortex prefrontal ventral dan lobulus parietal inferior.(Wycoco et al., 2013)

4) AF

AF menghubungkan lobus frontal, gyrus supramarginal, bagian posterior gyrus superior, dan regio temporo-occipital dan dapat dibagi lagi menjadi segmen berikut(Wycoco et al., 2013):



- a) Segmen frontotemporal (FT): menghubungkan cortex frontal inferior (area Broca, di hemisfer dominan) dengan cortex temporal superior (area Wernicke di hemisfer dominan).
- b) Segmen frontoparietal: menghubungkan cortex frontalis inferior dan cortex parietal.
- c) Segmen temporoparietal: menghubungkan cortex temporal di wilayah gyrus temporal superior dan medius dengan cortex parietal. Studi Eluvathingal *et al.* menunjukkan bahwa segmen FT AF tidak terlihat pada 29% kasus normal dan segmen FT kiri menunjukkan nilai FA lebih tinggi dari pada kanan, konsisten dengan lateralisasi fungsional dan anatomi bahasa ke hemisfer dominan. Interupsi terhadap SLF menurunkan kemampuan mengulang bahasa lisan dan juga dapat menyebabkan pengabaian sepihak.



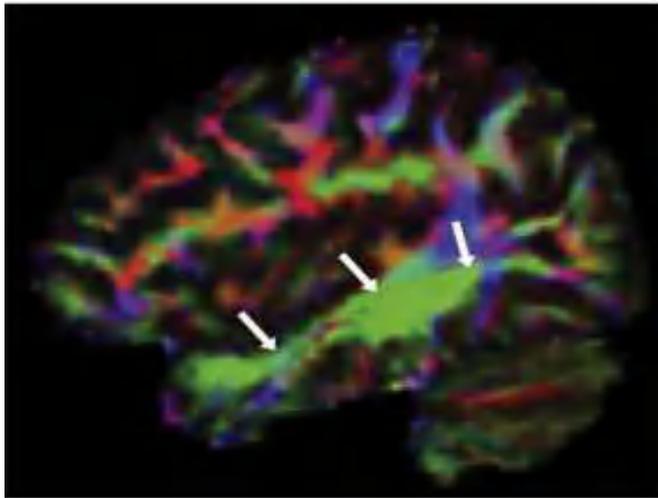
Gambar 11. Tractus (panah) fasciculus longitudinal superior pada gambar DTI warna FA (cFA). (Wycoco et al., 2013)



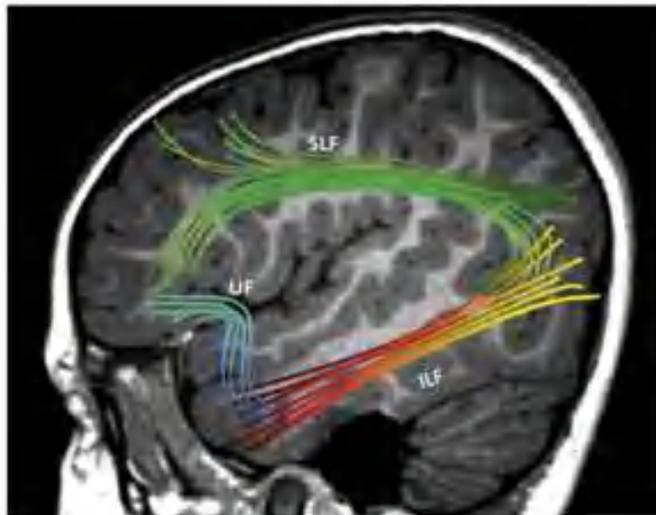
*Fasciculus Longitudinalis Inferior (ILF)*

Fasciculus longitudinal inferior menghubungkan cortex lobus temporal anterior sital posterior dan bergabung dengan aspek inferior dari SLF, radiatio an fasciculus longitudinal inferior untuk membentuk stratum sagital

melintasi lobus occipital. Fasciculus longitudinal inferior dan fasciculus fronto-occipital inferior sebagian besar proyeksi dari temporal posterior dan lobus occipital. Interupsi fasciculus ini dapat mengakibatkan pengabaian visual unilateral, amnesia visual, dan halusinasi dan juga visual hipoemosionalitas.(Wycoco et al., 2013)



Gambar 12. Jalur sagital (panah putih) fasciculus longitudinalis inferior pada DTI warna FA (cFA).(Wycoco et al., 2013)



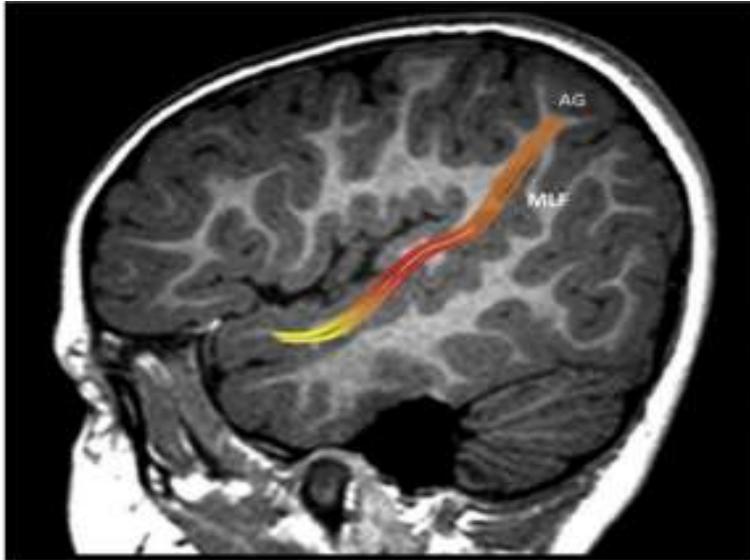
Gambar 13. Gambar MR menunjukkan lintasan relatif SLF, uncinata fasciculus (UF), dan inferior longitudinal fasciculus (ILF) satu sama lain.(Wycoco et al., 2013)



*Fasciculus Longitudinalis Medius (MLF)*

meluas dari bagian caudal dari lobulus parietal inferior, khususnya gyrus, ke white matter dari gyrus temporal superior, yang tersisa di dalam

white matter dari gyrus temporal superior. MLF berbeda dari tractus lain yang berdekatan seperti SLF II dan AF, yang terletak lebih ke lateral. Karena lokasinya disarankan bahwa MLF dapat memiliki peran sentral dalam fungsi bahasa (hemisfer dominan) dan *atensi* (hemisfer non-dominan).(Wycoco et al., 2013)



Gambar 14. Gambar MR menunjukkan fasciculus longitudinalis medius (MLF) memanjang dari lobulus parietal inferior ke kutub temporal. AG, gyrus angularis.(Wycoco et al., 2013)

#### d. *Fasciculus Occipitofrontalis Superior*

Sebutan fasciculus occipitofrontalis superior adalah istilah yang keliru karena seratnya benar-benar menghubungkan lobus frontal dan karenanya mungkin harus diberi nama fasciculus frontoparietal superior. Fasciculus ini terletak jauh di corpus callosum, memanjang ke posterior sepanjang batas dorsal nucleus caudatus, dan berjalan sejajar dengan SLF. Di anterior terletak di tepi superior ekstremitas anterior capsula internal sebelum diproyeksikan ke lobus frontal. Fungsi fasciculus ini mencakup kesadaran spasial dan pemrosesan simetris. Hubungan yang mungkin antara beban hiperintensitas *white matter* dan depresi.(Wycoco et al., 2013)

#### e. *Fasciculus Occipitofrontalis Inferior*



Fasciculus ini menghubungkan lobus occipital dan frontal dan juga mengandung serabut yang menghubungkan lobus frontal dengan bagian posterior parietal dan temporal. Serat dari frontal-lateral lobus menyatu menjadi satu untuk berjalan di sepanjang tepi inferolateral nucleus lentiformis, di aspek

inferior *claustrum*, dan mungkin terletak di *capsula externa*. Fasciculus ini berjalan di atas fasciculus uncinatus di temporal. Di belakang posterior, fasciculus occipitofrontal inferior bergabung dengan fasciculus longitudinal inferior, bagian turun dari SLF, dan bagian dari saluran geniculocalcarina untuk membentuk sebagian besar stratum sagital, bundel besar dan kompleks yang menghubungkan lobus occipital ke seluruh otak. Fasciculus ini dapat menghubungkan daerah lobus frontal yang terletak lebih superior dengan lebih banyak area posterior lobus temporal, daripada yang dihubungkan oleh fasciculus uncinatus. (Wycoco et al., 2013)

#### f. Fasciculus Uncinatus

Fasciculus uncinatus (dari Russell) adalah serat berbentuk kait dan juga dikenal sebagai fasciculus temporofrontal (frontotemporal). Fasciculus ini menghubungkan frontal orbital dan gyri inferior dan gyri rectus ke lobus temporal anterior, terdiri dari serat aferen dan eferen. (Wycoco et al., 2013)

Fasciculus dapat dibagi menjadi 3 bagian: segmen temporal, insular, dan frontal. Secara khusus itu menghubungkan inti cortical dari uncus dan amigdala ke daerah subcallosal dan gyrus temporal superior, medial, dan inferior ke gyrus rectus dan gyrus orbitalis medial dan lateral. Di temporal, saluran terletak inferomedial ke fasciculus occipitofrontalis inferior. Di anterior, serabutnya melengkung ke atas di belakang dan di atas segmen M1 arteri cerebri media. (Wycoco et al., 2013)

Serat bagian dalam melewati *capsula eksterna* dan *eksterna*, dengan bagian dari *claustrum* tertanam dalam seratnya, sebelum radier secara horizontal di *white matter* orbital frontal. (Wycoco et al., 2013)

Fasciculus uncinatus memiliki periode perkembangan terpanjang dalam hal FA, dan merupakan satu-satunya jalur serat putih utama yang terus berkembang melampaui usia 30 tahun. Secara tradisional dianggap sebagai bagian dari sistem limbik, fungsi pasti dari fascia uncinatus masih belum diketahui. Integritas dari fasciculus uncinatus kiri telah dikaitkan dengan kemahiran dalam memori pendengaran-verbal dan memori deklaratif. Tinjauan dari banyak studi eksperimental mendukung peran fasciculus uncinatus sebagai salah satu dari

koneksi yang gangguannya menghasilkan gangguan memori yang terutama pada amnesia retrograde pasca trauma. Asimetri kiri-lebih-kanan pada anisotropi di fasciculus ini telah terbukti tidak ada pada pasien



skizofrenia, mendukung teori bahwa pasien skizofrenia memiliki kelainan. myelin dan mengurangi integritas neuron dari fasciculus uncinatus.(Wycoco et al., 2013)

### 3. Serabut Commisura

*Serabut Commisura*, yaitu kelompok tractus yang menghubungkan kedua hemisfer otak (kiri dengan kanan).(Abdrabou et al., 2019; Hijaz et al., 2019; Wycoco et al., 2013) Tractus-tractus yang termasuk bagian dari kelompok ini adalah:

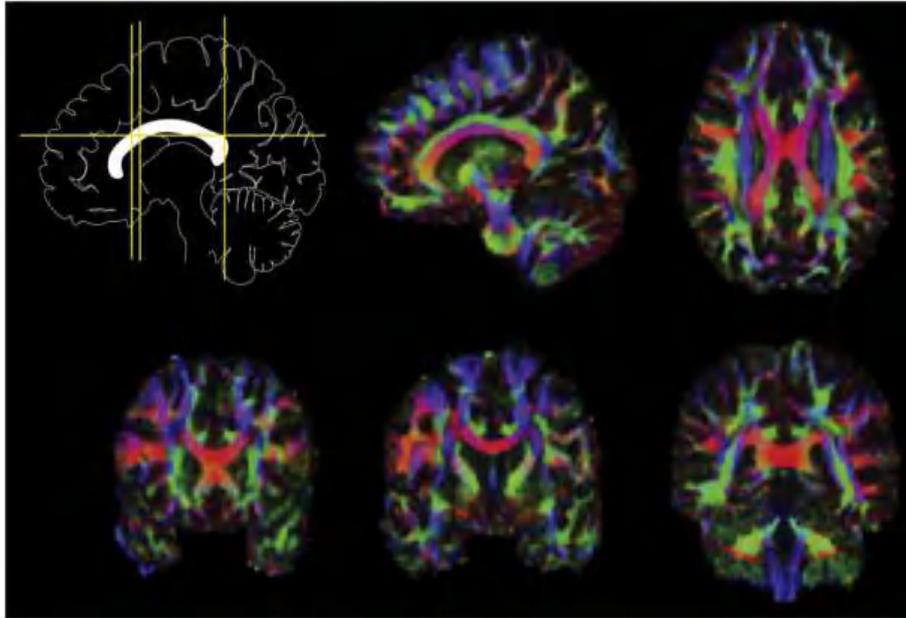
#### a. Corpus Callosum

Corpus callosum adalah berkas serat *white matter* terbesar di otak dengan lebih dari 300 juta akson yang menghubungkan area yang sesuai dari 2 hemisfer cerebri. Serat-serat yang menonjol dari genu dan splenium cenderung melengkung lebih anterior dan posterior, masing-masing membentuk forsep minor dan forsep mayor.(Wycoco et al., 2013)

Proyeksi dari splenium, yang melewati inferior sepanjang margin lateral cornu posterior ventrikel lateral ke lobus temporal mudah diidentifikasi pada bidang *midsagittal* dengan orientasi kanan-kiri. Di dekat cortex, serabut corpus callosum berinterdigitasi dengan serabut asosiasi dan proyeksi dan sulit untuk digambarkan. Fungsi utama dari corpus callosum adalah sensorimotor interhemispheric dan konektivitas pendengaran. Secara embriologis, corpus callosum muncul pada 15 minggu dan meluas ke arah anterior dan posterior selama minggu-minggu berikutnya, sebelum mengalami perkembangan yang lebih anterior pada 19 minggu.(Wycoco et al., 2013)

Agenesis mungkin terkait dengan keterlambatan bahasa, pemutusan tugas bahasa, dan masalah dalam mengintegrasikan visual dan rangsangan taktil. Corpus callosum secara khusus terlibat dalam multiple sclerosis, limfoma, dan penyebaran tumor *interhemispheric* (misalnya, glioblastoma multiforme).(Wycoco et al., 2013)





Gambar 15. Corpus callosum dan arah serat pada peta warna FA (cFA) DTI.

b. *Commissura Anterior*

Commissura anterior adalah kumpulan kecil serat yang kompak antara kolumna anterior dan posterior fornix. Commissura ini mengandung serat olfactorius yang menghubungkan bulbus olfactorius, nucleus olfactorius anterior, dan substansi perforata anterior, dan juga berfungsi untuk menghubungkan 2 lobus temporal; amigdala; temporalis inferior, parahippocampal dan cortex occipitalis inferior.(Wycoco et al., 2013)

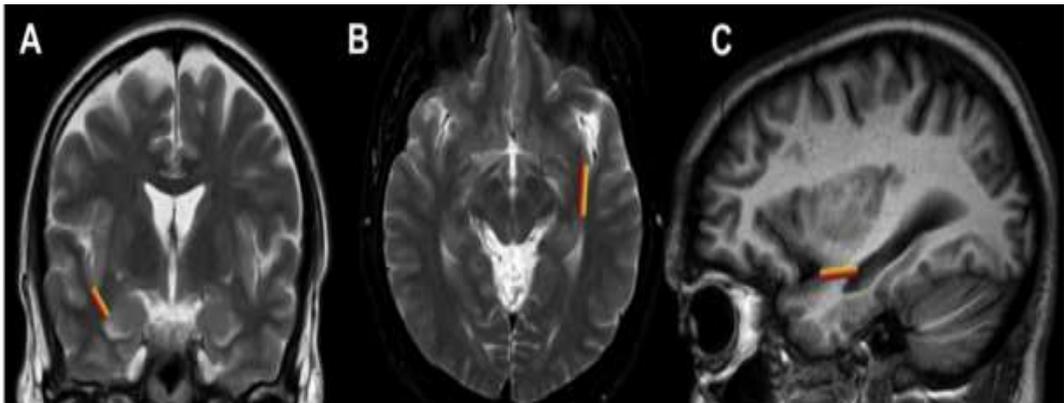
4. Tractus *White Matter* Lainnya

a. *Temporal Stem*

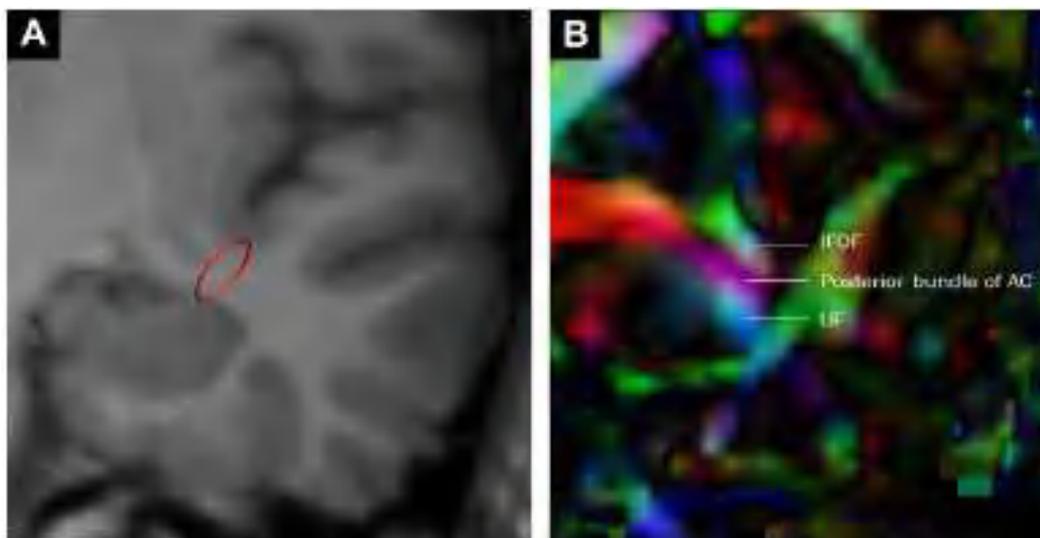
Temporal Stem adalah jembatan white matter antara lobus temporal dan frontal dan memanjang dari amigdala ke tingkat posterior LGB. Tiga saluran utama yang melewati temporal adalah fasciculus uncinatus, fasciculus occipitofrontal inferior, dan loop Meyer dari radiatio optica. Temporal Stem adalah struktur penting karena merupakan rute yang memungkinkan untuk penyebaran tumor, infeksi, dan kejang serta memainkan peran penting dalam banyak gangguan, termasuk amnesia,



kluver-Bucy, cedera otak traumatis, dan penyakit Alzheimer. Kedekatan stem dengan insula, ganglia basalis, dan capsula externa dan extrema annya penanda penting selama operasi lobus temporal.(Wycoco et al.,



Gambar 16. Ilustrasi MR lokasi temporal stem pada citra coronal (A), axial (B), dan sagital (C). (Wycoco et al., 2013)



Gambar 17. Gambar T1WI irisan axial memperlihatkan temporal stem kiri (a), Color coded FA pada level yang sama menunjukkan komponen tractus pada area tersebut (b) (Biswas et al., 2022)

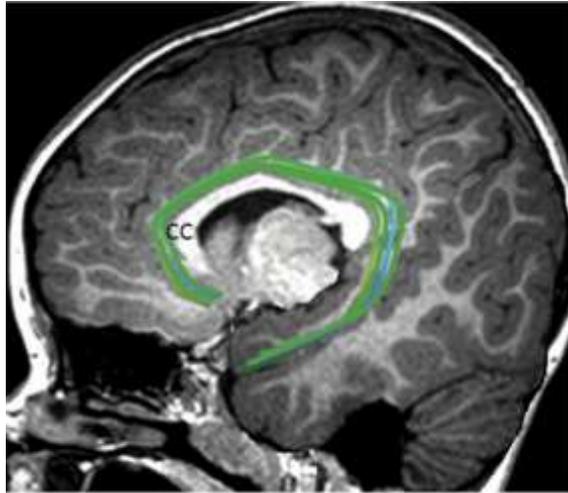
b. Sistem Limbik

1) Cingulum

Serat-serat cingulum dimulai di area olfactory di bawah corpus callosum dan berakhir di atas corpus callosum, di bawah panjang gyrus cinguli, untuk berakhir di gyrus parahippocampus dan uncus. Cingulum membawa koneksi aferen dari gyrus cinguli ke cortex entorhinal dan menghubungkan bagian dari lobus



frontal, parietal, dan temporal. Cingulum menjadi cukup berarti hanya setelah usia kehamilan 17 minggu. Secara fungsional, cortex cinguli dibagi menjadi setidaknya 4 zona dengan berbagai fungsi termasuk pengaruh, kontrol visceromotor dan skeletomotor, pemrosesan visuospatial, dan akses memori.(Wycoco et al., 2013)



Gambar 18. Lintasan cingulum. Gambar garis tengah (melalui [CC] corpus callosum) dan gambar sagital (melalui lobus temporal) menunjukkan lintasan cingulum yang lengkap.(Wycoco et al., 2013)

## 2) Fornix

Fornix mencakup jalur aferen dan eferen antara hippocampus, area septum (segmen commisura preanterior fornix), dan hipotalamus dan corpus mammillary (postcommisura). Mirip dengan cingulum, fornix memiliki lintasan berbentuk C yang terdiri dari collum, truncus, dan crus. Fornix bercabang menjadi 2 kolom di dekat komisura anterior memproyeksikan ke daerah dorsal hipokampus.(Wycoco et al., 2013)

## 3) Stria Terminalis

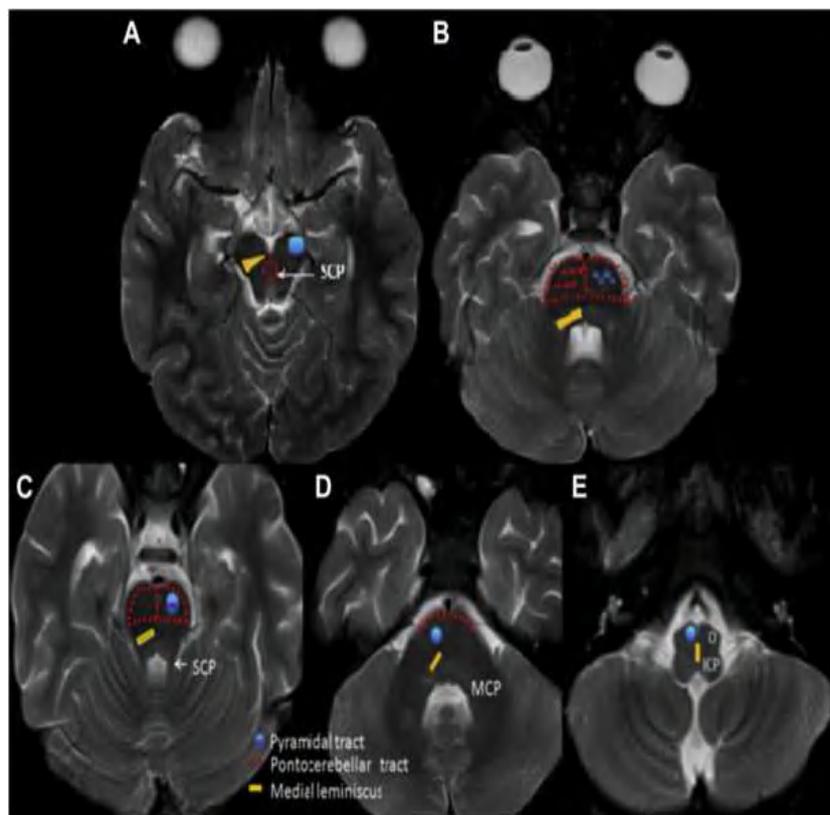
Stria terminalis adalah lintasan berbentuk C terdalam dari 3 serat limbik dan menyediakan jalur aferen dan eferen antara amigdala dan daerah septum dan hipotalamus. Peran utama stria terminalis adalah dalam interaksi limbik, output amygdala, dan input aksis hipotalamus-hipofisis-adrenal. Interupsi mengganggu sekresi gonadotropin, dan merupakan tempat target untuk terapi penghentian



Stria terminalis dan fornix adalah tractus yang relatif kecil pada otak orang tetapi dapat dilihat sebagai tractus mayor pada usia kehamilan 13 (Wycoco et al., 2013)

## 5. Brainstem fibers

Lima *white matter* utama yang dapat diidentifikasi di dalam truncus cerebri pada DTI termasuk pedunculus cerebellaris superior, medius, dan inferior; tractus corticospinalis; dan lemniscus medial. Cerebellum terhubung ke truncus cerebri oleh 3 pedunculus utama. Serabut aferen melewati pedunculus cerebellaris inferior dan pedunculus cerebellaris medius (MCP), sedangkan serabut eferen melewati inferior dan pedunculus cerebellaris superior. Serat eferen dari pedunculus cerebellaris superior berasal dari nucleus dentatus untuk terhubung dengan thalamus, nucleus ruber, nucleus vestibular, dan formation reticularis.(Wycoco et al., 2013)



Gambar 19. Ilustrasi MR saluran truncus cerebri. (A) Decussatio SCP (panah) pada level colliculus inferior. (B) Tractus Pyramidal dipisahkan oleh serabut ntine transversal. Level SCP (C), MCP (D), dan ICP (E) menunjukkan topografi dan hubungan berbagai traktus.(Wycoco et al., 2013)



Tabel 1. Tractus white matter, koneksi dan fungsi utamanya (Biswas et al., 2022)

Tractus White Matter, koneksi dan fungsi utamanya		
Tractus White Matter	Koneksi	Fungsi
<b>A. Serabut proyeksi</b>		
1. Tractus corticospinalis	Cortex motorik, cortex somatosensori dan gyrus cingli ke kedulla spinalis	Innervasi upper motor neuron dari leher hingga extremitas inferior
2. Tractus corticobulbaris	Motorik primer, premotor dan cortex motoric tambahan untuk nucleus motoric nervi craniales V, VII, IX, X, XI dan XII	Persarafan upper motor neuron dari wajah, kepala dan leher
3. Tractus Corticopontin	Semua area cortex cerebri ke nuclus pontin, yang membentuk tractus pontocerebellar yang berkomunikasi dengan hemisphere cerebellaris kontralateral	Koordinasi fungsi motorik
4. Radiatio thalamica	Koneksi timbal balik dengan cortex cerebri.	Penyampaian informasi sensorik (kecuali olfactory).
5. Radiatio optica	Corpus geniculatum lateral dan pulvinar thalami ke cortex visual primer	Transmisi input visual.
<b>B. Serabut asosiasi</b>		
1. Fasciculus longitudinalis superior	Lobus frontal ke lobus temporal, parietal dan occipital	Bicara dan bahasa, kognisi visuospasial, perhatian dan memori kerja
2. Fasciculus longitudinalis medius	Lobus temporal dengan lobus parietal dan occipital	Berperan dalam persepsi pendengaran, representasi dan integritas pendengaran dan informasi visual
3. Fasciculus longitudinal inferior	Aspek anterior dan medial dari lobus temporalis dan occipitalis	Jalur visual ventral yaitu peting untuk wajah dan objek
4. Fasciculus occipito-frontalis inferior	Lobus frontalis inferior dengan lobus parietalis dan occipitalis	Pemrosesan bahasa semantik melalui jalur ventral, system rekognisi visual, membaca, menulis tugas prilaku yang berorientasi tujuan
5. Fasciculus Uncinatus	Corteks orbitofrontal ke lobus temporal anterior	Pemrosesan bahasa, emosional, pengertian dan empati.
6. Tractus aslant frontal	Gyrus frontalis superior ke gyrus frontalis inferior dan insula anterior	Bicara, bahasa, kognitif dan fungsi eksekutif.
	Daerah cortical homolog hemisphere cerebri	Kontribusi tractus asosiasi utama ke motoric interhemisphere,



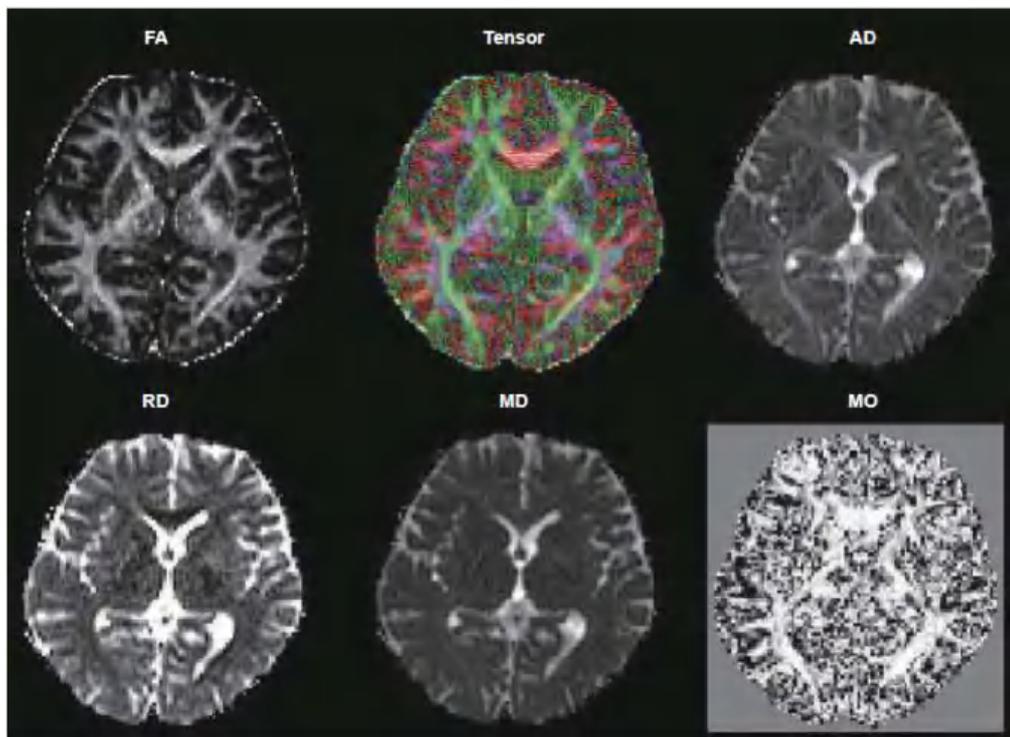
*(lanjutan)*

Tractus White Matter	Koneksi	Fungsi
2. Commisura anterior	Bulbus olfactorius, nucleus olfactorius anterior dan substantia perforata anterior, struktur homolog lobus temporalis (amygdala, temporalis inferior, parahippocampalis dan gyrus fusiformis serta cortex occipitalis inferior	Olfactory, memori, naluri dan emosi
3. Commisura posterior	Mesencephalon, thalamus dan hipotalamus.	Gerakan mata ke atas melalui hubungan timbal balik dengan colliculus superior.
4. Commisura hippocampalis	Crura fornix	Bagian dari sistem limbik.
<b>D. Serabut system limbik</b>		
1. Cingulum	Gyrus cinguli dan aspek medial frontal, parietal dan lobus temporal serta hippocampus.	Emosi, motivasi, fungsi eksekutif, memori.
2. Fornix	Hippocampi ke daerah septum, Basal forebrain, corpus mamillary dan nucleus anterior thalami	Pembentukan memori.
3. Stria terminalis	Amigdala ke hypothalamus dan nuclei septal	Memodulasi emosi dan respons perilaku terhadap stres.



## 2.4.2 Parameter DTI

*Diffusion tensor imaging* (DTI) merupakan sebuah matriks dari berbagai varian dan *covariances* yang mengukur derajat difusi di sepanjang sumbu orthogonal (elemen diagonal) yang berbentuk *ellipsoid*. DTI memiliki berbagai parameter yang digunakan untuk mengevaluasi berbagai perubahan mikrostruktural pada *substantia alba*. (Elsorogy et al., 2022; Hijaz et al., 2019; Maj et al., 2020; Schultz & Vilanova, 2018; Tae, 2018; Vo et al., 2022)



Gambar 20. Gambar skalar DTI berasal dari gambar difusi-tensor dengan 20 arah gradien. FA adalah skalar DTI yang mewakili integritas aksonal dan sangat terkait dengan integritas serabut. AD terkait dengan kerusakan aksonal. RD mungkin merupakan penanda DTI myelin, dengan peningkatan nilai RD yang menunjukkan kerusakan myelin pada jaringan materi putih. MD adalah ukuran dari gerakan molekul rata-rata. Ukuran dan integritas sel memengaruhi MD, yang diketahui terkait dengan nekrosis, edema, dan selularitas. MO adalah ukuran traktografi probabilistik untuk melintasi serat materi putih. AD: difusivitas axial, DTI: Diffusion Tensor Imaging, FA: Fractional Anisotropy, MD: Mean Diffusivity, MO: Mode, RD: Radial Diffusivity (Tae, 2018)

### 1. Trace and mean diffusivity (MD)



*Mean diffusivity* (MD) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur difusi pada berbagai regio (*voxel*) di jaringan, sedangkan *trace* pada parameter *invariant* di antara berbagai elemen difusi tensor. Nilai MD

diperoleh dari perhitungan rerata dari total ketiga sumbu, sedangkan *trace* merupakan jumlah total dari ketiga sumbu.

Nilai MD memberikan gambaran tingkat dispersi molekul secara keseluruhan (ukuran dari rerata *ellipsoid*) dan resistensi dispersi. Semakin besar nilai MD menandakan bahwa semakin banyak molekul bebas air pada jaringan tersebut. Nilai MD digunakan untuk mengukur densitas membran selain sensitive terhadap edema dan nekrosis.

## 2. **Fractional anisotropy (FA), relative anisotropy (RA) dan volume ratio index (VR)**

Tingkat anisotropy menggambarkan tingkat perpindahan molekul dan hubungannya dengan arah dalam jaringan dan dapat dinilai dari parameter *Fractional anisotropy (FA)*, *relative anisotropy (AR)* dan *volume ratio index (VR)*.

FA, indeks parsial anisotropy, yaitu rasio dari komponen anisotropy molekul air terhadap *dispersion tensor* secara keseluruhan. Nilainya bervariasi, mulai dari 0 (*ellipsoid* berbentuk lingkaran) hingga 1 (*ellipsoid* memanjang). FA menggambarkan integritas akson, di mana adanya degenerasi akson dapat mengubah bentuk *ellipsoid* sehingga parameter ini sangat sensitif terhadap perubahan mikrostruktural serabut saraf.

RA, indeks anisotropy relatif, merupakan rasio antara bagian anisotropy terhadap bagian isotropy pada dispersi tensor. Nilainya juga bervariasi, mulai dari 0 (dispersi isotropy) hingga  $\sqrt{2}$  (*infinite anisotropy*). (Elsorogy et al., 2022; Hijaz et al., 2019; Maj et al., 2020; Schultz & Vilanova, 2018; Tae, 2018; Vo et al., 2022)

## 3. **Axial Diffusivity (AD)**

*Axial Diffusivity (AD)* atau sering disebut sebagai *parallel diffusivity* merupakan parameter yang mengukur difusitas di sepanjang sumbu pada tractus neural. AD meningkat seiring maturasi otak sejak lahir dan sangat berkaitan dengan kerusakan aksonal. Adanya kerusakan aksonal dapat menurunkan nilai AD.



## **Radial Diffusivity (RD)**

*Radial Diffusivity (RD)* atau *perpendicular diffusivity* berasal dari rerata antara dua sumbu minor, yaitu  $\lambda_2$  dan  $\lambda_3$ . Parameter ini merupakan marker dari myelin, di

mana nilainya akan meningkat ketika terdapat kerusakan pada myelin di jaringan substantia alba. Pengukuran ini juga ikut dipengaruhi oleh diameter dan densitas axon.

### 5. The Mode (MO)

The Mode (MO) merupakan parameter pengembangan pada DTI yang dapat digunakan terutama dalam mengukur *crossing-fiber tractography*. MO mengukur tipe anisotropy spesifik sebagai bentuk pengukuran lanjutan yang menggambarkan perbedaan bentuk pada DTI, mulai dari planar (silinder datar) hingga linear (tabung). MO merupakan parameter yang direkomendasikan dalam memberikan karakteristik yang lebih baik pada perubahan mikrostruktural substantia alba.

### 6. Apparent Diffusion Coefficient (ADC)

Apparent Diffusion Coefficient (ADC) merupakan skala atau parameter yang hanya menggambarkan karakteristik dispersi molekul air terhadap arah dispersi gradien medan magnet, tetapi tidak dapat mengevaluasi secara lengkap dan benar karakteristik anisotropy pada masing-masing jaringan. Nilai ADC yang menurun menggambarkan adanya tumor, infiltrasi sel imun, edema sitotoksik dan vasogenik serta perdarahan.

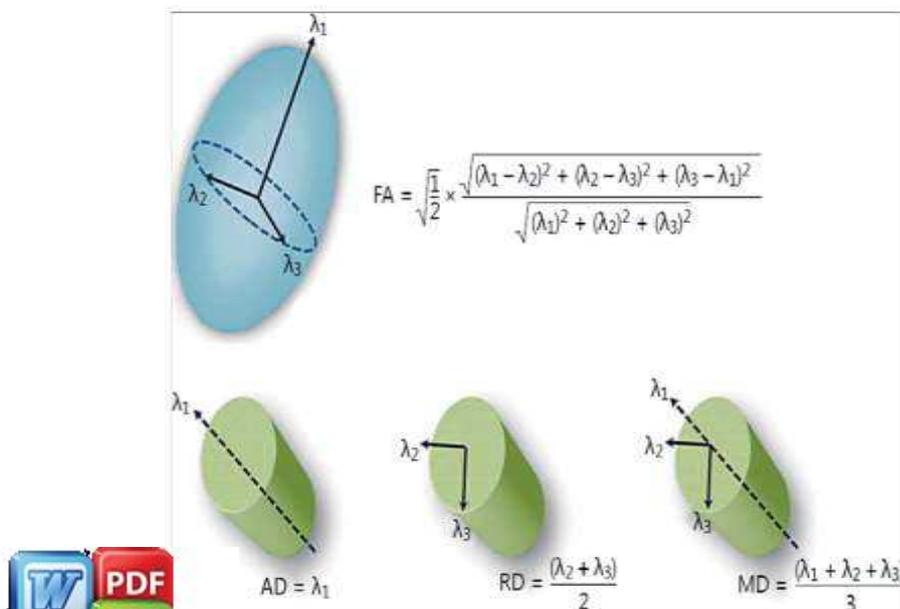
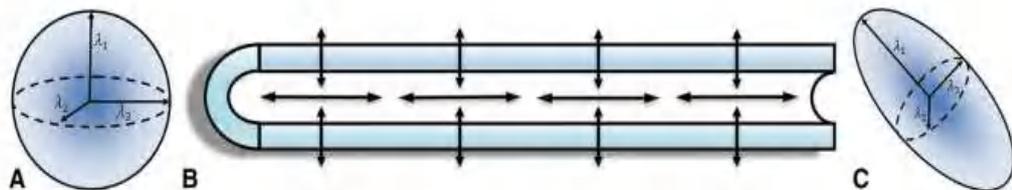


Fig. 21. Parameter DTI dan formula matriks. FA, *fractional anisotropy*; AD, *axial diffusivity*; RD, *radial diffusivity*; MD, *mean diffusivity*. (Tohyama et al., 2020)

*Diffusion tensor imaging* (DTI) merupakan teknik pemeriksaan MRI yang menggunakan gradien difusi arah spesifik untuk menghasilkan gambar berdasarkan gerakan molekul air in vivo yang acak dan digerakkan secara termal. Ketika tidak ada hambatan untuk difusi dan kemungkinan difusi sama di semua arah, kemungkinan difusi dapat direpresentasikan sebagai bola dan dapat digambarkan sebagai isotropik. Namun, ketika ada penghalang untuk difusi, seperti yang dibuat oleh membran sel akson, difusi air lebih mungkin terjadi di sepanjang sumbu panjang akson. Dalam skenario ini, probabilitas difusi dapat direpresentasikan dengan elips dan dapat digambarkan sebagai anisotropik. Dalam kedua contoh tersebut, probabilitas difusi dalam 3 dimensi dapat direpresentasikan secara matematis menggunakan matriks 3x3.

Matriks tensor difusi 3x3 ini berisi 6 nilai unik yang merupakan jumlah minimum pengukuran yang dikodekan difusi (arah) yang harus diperoleh secara in vivo dengan pencitraan MR untuk menentukan arah. Dalam matriks ini, subskrip digunakan (misalnya, xx atau yy) untuk menunjukkan arah unik dalam ruang 3 dimensi yang diwakili oleh nilai tertentu. Arahan tambahan dapat diperoleh dan menghasilkan keuntungan dari peningkatan akurasi pengukuran tensor.



Gambar 22. Difusi isotropik versus anisotropik. A, Menggambarkan suatu kondisi di mana kemungkinan difusi sama ke segala arah (isotropik). B, Menggambarkan bahwa air lebih cenderung berdifusi sepanjang sumbu panjang akson (panah panjang) daripada melintasi dindingnya dalam sumbu pendek (panah pendek). C, Menggambarkan suatu kondisi di mana air lebih cenderung berdifusi dalam satu arah (anisotropik; panah panjang). (Hijaz et al., 2019)

Diagonalisasi adalah proses matematis yang dapat diterapkan pada matriks 3x3 untuk menghasilkan 3 vektor eigen ortogonal (1, 2, dan 3) yang besarnya masing-masing diwakili oleh nilai eigen (1, 2, dan 3). Vektor ini mewakili 3 sumbu ortogonal untuk ellipsoid, yang menggambarkan kemungkinan difusi air dalam 3 dimensi dalam voxel yang dimodelkan. Berdasarkan konvensi, arah difusi prinsipal adalah nilai eigen terbesar dan dilambangkan dengan 1. Nilai eigen terbesar dan kedua, masing-masing menunjukkan tingkat difusi ortogonal ke arah difusi. Rata-rata dari 2 nilai ini akan menghasilkan parameter radial diffusivity



Tingkat anisotropi dapat direpresentasikan menggunakan anisotropi fraksional (FA), yang diwakili oleh angka yang berkisar antara 0 (sepenuhnya isotropik) dan 1 (anisotropik maksimal), dan dihitung dari 3 nilai eigen berdasarkan *voxel-by-voxel*. Prinsip difusi pada DTI dapat digambarkan dalam pewarnaan FA menggunakan skala warna yaitu merah-hijau-biru.

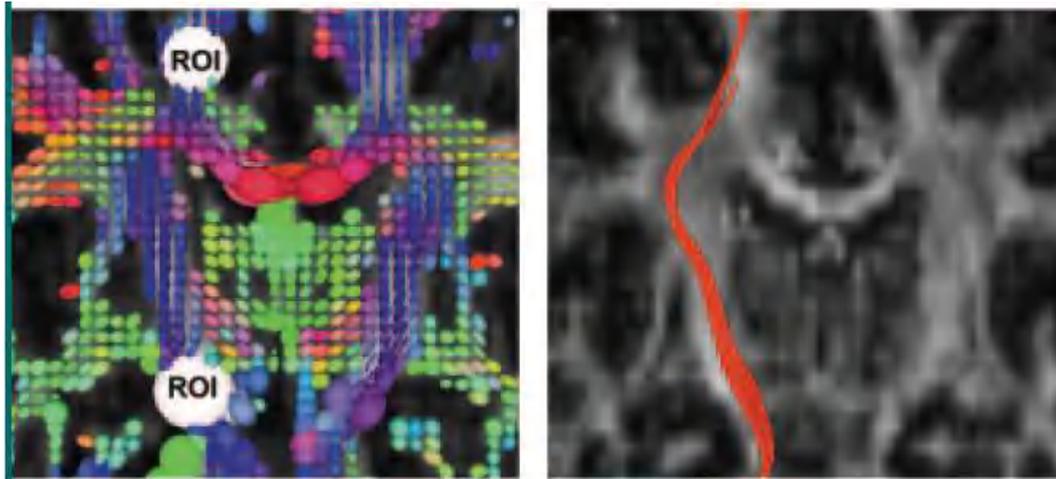
Tabel 2. Orientasi serabut substantia alba dan warna yang mewakili(Hijaz et al., 2019)

Left-right	Red
Superior-inferior	Blue
Anterior-posterior	Green

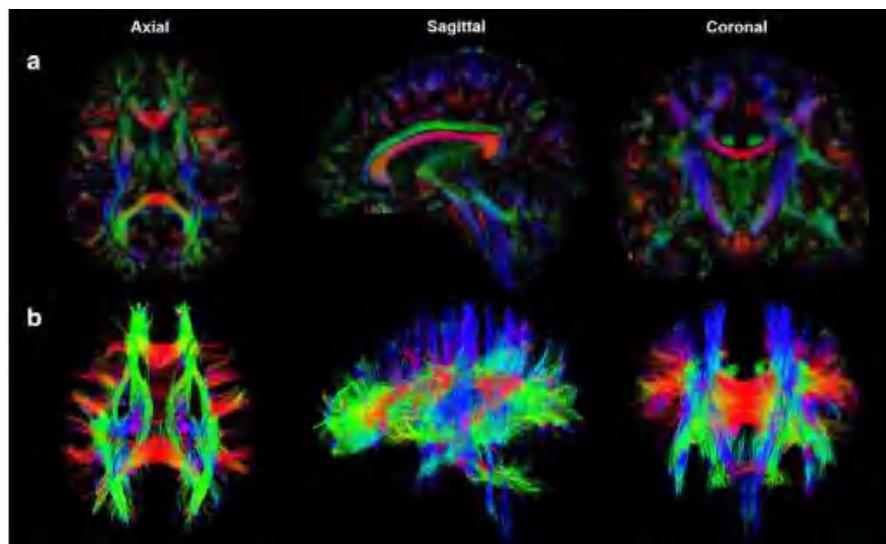
Sistem saraf pusat (SSP), yaitu tractus substantia alba terutama memiliki tingkat anisotropy yang lebih tinggi sehingga dapat diproyeksikan melalui modalitas DTI atau *fiber tractography* (FT). Tractus diinterpretasikan berdasarkan asumsi bahwa voxel dengan tingkat difusi anisotropik (nilai FA) yang sama dan arah difusi anisotropik utama kemungkinan berasal dari tractus *white matter* yang sama. Berbagai algoritma matematika pasca-pemrosesan yang kuat tersedia untuk FT.

Berdasarkan algoritme yang digunakan, FT dapat bersifat deterministik atau probabilistik, yang memungkinkan untuk melacak serabut melalui daerah dengan ketidakpastian tinggi (daerah dengan banyak serat persilangan). FT memungkinkan kita untuk mempelajari struktur nervus internal otak normal dan patologis secara non-invasif dan memberikan wawasan dalam pengembangan berbagai koneksi normal dan anomali (tractus *white matter*) antara sistem fungsional.





Gambar 23. Gambaran coronal capsula interna pada orang dewasa sehat menunjukkan peta difusi ellipsoid (warna: merah, kiri ke kanan; biru, cranial ke caudal; hijau, anterior ke posterior), tractography tractus corticospinal (merah).(Nucifora et al., 2007)



Gambar 24. Contoh gambar skalar (fractional anisotropy) turunan difusi tensor. B. Contoh gambar tractography turunan difusi tensor seluruh otak pada individu yang sama. Gambar diwarnai berdasarkan orientasi (merah, kiri-kanan; hijau, anterior-posterior; biru, superior-inferior).(Tohyama et al., 2020)

## 2.5 Gangguan kognitif

### 2.5.1 Definisi

Gangguan kognitif merupakan sindrom penurunan fungsi kognitif yang merupakan aktivitas mental secara sadar seperti berpikir, mengingat, belajar dan memahami bahasa. kemampuan atensi, memori, pertimbangan, pemecahan serta kemampuan eksekutif seperti merencanakan, menilai mengawasi melakukan evaluasi. Demensia merupakan suatu keadaan dimana terjadi



gangguan kognitif, fungsi dan emosi yang serius dan tidak berhubungan dengan retardasi mental dan terjadi defisit perkembangan kognitif

Penyakit cerebrovascular dan cardiovascular menyebabkan cedera vaskular otak yang dapat menyebabkan gangguan kognitif vascular (VCI) berupa perubahan dalam kognisi, mulai dari defisit halus hingga demensia total, yang disebabkan oleh penyebab cerebrovascular. Stroke adalah suatu penyakit defisit neurologis akut yang disebabkan oleh gangguan pembuluh darah otak yang terjadi secara mendadak dan dapat menimbulkan cacat atau kematian. Ada dua sindrom klinis utama VCI: VCI pasca-stroke di mana gangguan kognitif merupakan akibat langsung dari stroke yang baru saja terjadi dan VCI tanpa stroke. VCI adalah sindrom yang dapat disebabkan oleh infark, perdarahan, penyakit arteri besar, cardioemboli, penyakit pembuluh darah kecil, atau penyakit cerebrovaskular atau cardiovascular lainnya. (Iadecola, 2013), (Smith, 2017)

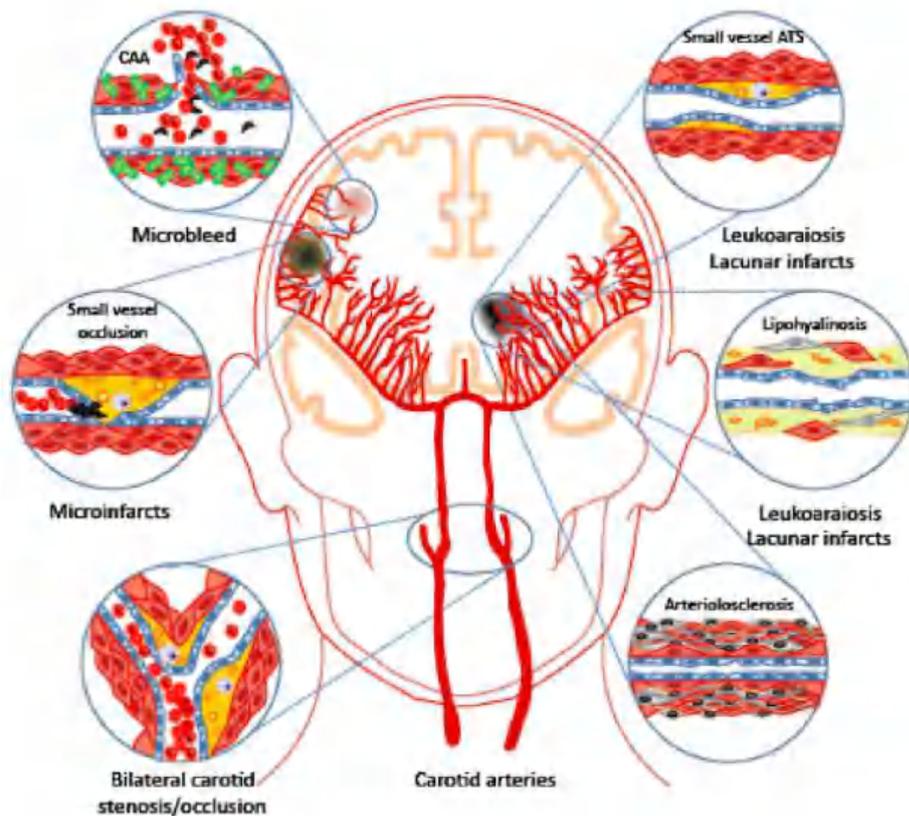
### 2.5.2 Epidemiologi

Dengan bertambahnya populasi usia tua, prevalensi demensia semakin meningkat. Prevalensi moderate-severe dementia sekitar 5% pada populasi umum di atas 65 tahun, 20-40% pada populasi usia lebih dari 85 tahun, 15-20% pada pasien rawat jalan dan 50% pada panti jompo. Dari semua tipe demensia, 50-60% merupakan tipe demensia Alzheimer's. Tipe terbanyak kedua yaitu demensia vaskuler yang berhubungan dengan adanya penyakit cerebrovascular. Hipertensi menjadi predisposisi demensia ini. Demensia vaskuler terjadi 15-30% dari semua tipe demensia. Demensia vaskuler sering terjadi pada orang berusia 60-70 tahun.

### 2.5.3 Etiopatogenesis

Mengingat pentingnya suplai darah otak untuk integritas struktural dan fungsional otak, tidak mengherankan bahwa perubahan pada pembuluh darah otak mempunyai dampak besar pada fungsi kognitif. Perubahan vaskular yang menyebabkan gangguan kognitif sangat beragam dan mencakup kondisi sistemik yang mempengaruhi perfusi cerebral global atau perubahan yang melibatkan pembuluh darah otak, yang paling umum adalah arteriol atau venula berukuran kecil. (Iadecola, 2013)



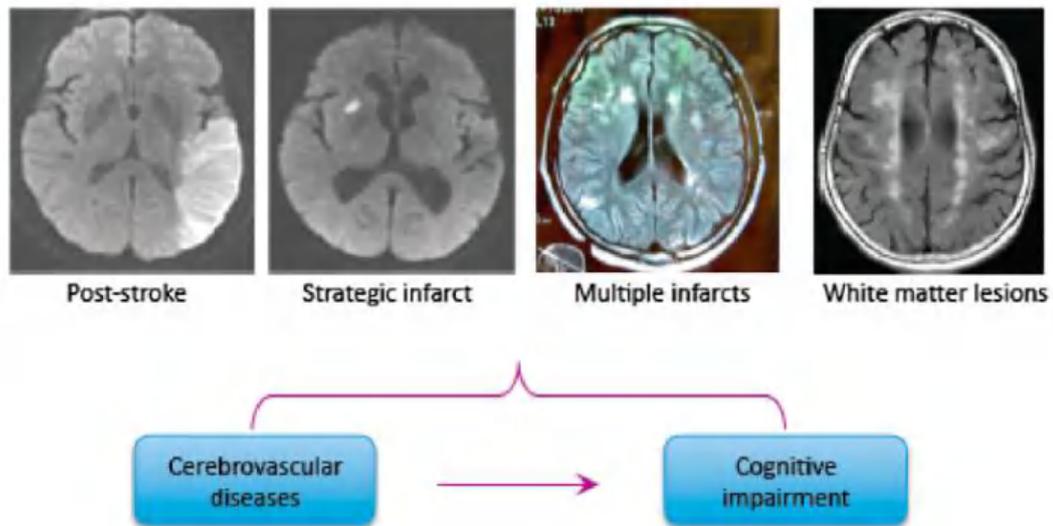


Gambar 25. Lesi vascular yang menyebabkan Vascular Cognitive Impairment (VCI). (Iadecola, 2013)

Penurunan perfusi cerebral global yang disebabkan oleh serangan jantung, aritmia, gagal jantung, atau hipotensi dapat menyebabkan disfungsi otak dan mengganggu kognisi secara sementara atau permanen. Stenosis tingkat tinggi atau oklusi arteri carotis interna berhubungan dengan iskemia kronis dan dapat menyebabkan gangguan kognitif bahkan tanpa adanya lesi iskemik. Di sisi lain, jika penurunan CBF berlangsung lama dan parah, stroke iskemik akan terjadi. Stroke melipatgandakan risiko demensia (demensia pasca stroke), dan sekitar 30% pasien stroke terus mengalami disfungsi kognitif dalam waktu 3 tahun. Hubungan antara stroke dan demensia juga diamati pada pasien berusia kurang dari 50 tahun, hingga 50% di antaranya menunjukkan defisit kognitif setelah satu dekade. (Iadecola, 2013)

Seperti telah disebutkan, infark multipel yang disebabkan oleh oklusi arteri dalam jangka waktu tertentu, diketahui dapat mengganggu kognisi (a multi-infark), begitu pula infark tunggal yang terletak di wilayah otak penting untuk fungsi kognitif, seperti lobus frontal atau thalamus. (Iadecola,





Gambar 26. Lesi otak yang menyebabkan gangguan kognitif vaskuler (Iadecola, 2013)

Lesi vaskular yang paling umum terkait dengan VCI berhubungan dengan perubahan pada pembuluh darah kecil di white matter hemisfer. Perubahan mikrovaskuler ini menghasilkan lesi neuropatologis yang berbeda, yang dapat terjadi secara terpisah namun, yang lebih khas, terjadi bersamaan di otak yang sama. Lesi white matter konfluen, yang korelasi pencitraannya disebut leukoaraiosis, dan infark lacunar (<1,5 cm) yang biasanya terjadi pada ganglia basalis, sering terjadi pada VCI dan sangat terkait dengan faktor risiko kardiovaskular, terutama hipertensi, diabetes, hiperlipidemia, dan merokok. Patologi vaskular yang mendasari lesi ini terdiri dari plak aterosklerotik yang mempengaruhi pembuluh darah kecil di otak, pengendapan zat hialin di dinding pembuluh darah (lipohyalinosis), perubahan fibrotik pada dinding pembuluh darah yang mengakibatkan pengerasan dan distorsi mikrovaskuler (arteriolosklerosis) dan integritas dinding pembuluh darah (nekrosis fibrinoid). Arteriol menjadi tortuous, memiliki membran basal yang menebal, dan dikelilingi oleh ruang perivaskular yang membesar. (Iadecola, 2013)

#### 2.5.4 Manifestasi klinis

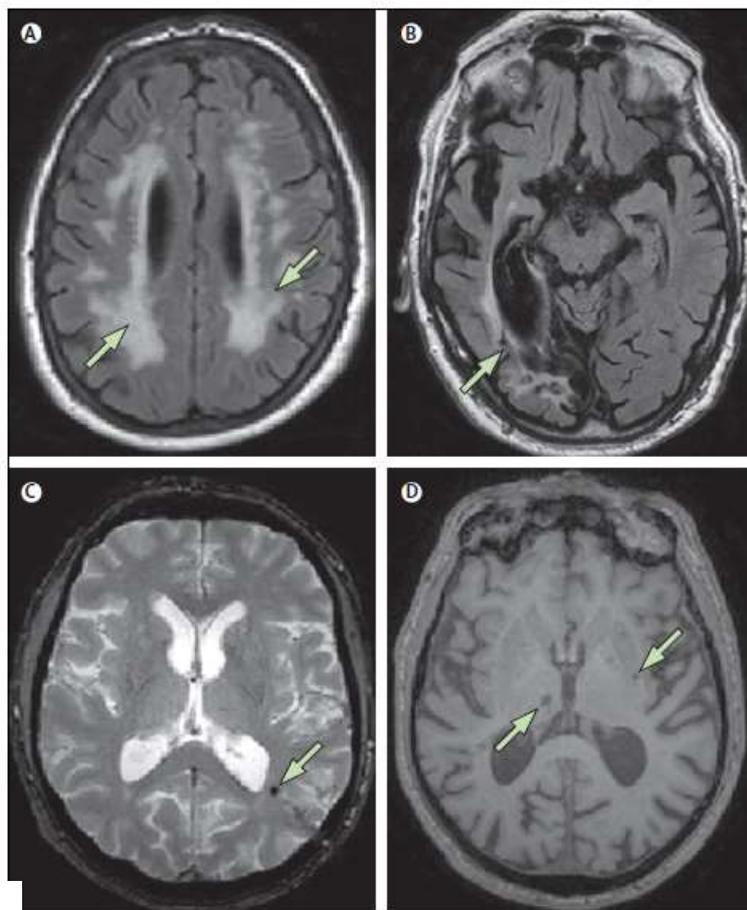
Perubahan kognitif pada demensia vaskular jauh lebih bervariasi dibandingkan kelainan lain seperti penyakit Alzheimer dan sangat bergantung struktur saraf tertentu yang dipengaruhi oleh patologi vaskular. Patologi subcortical sering muncul, mengganggu sirkuit frontostriatal, defisit dalam perhatian, pemrosesan informasi dan eksekutif. Karena penyakit



cerebrovaskular sering melibatkan lobus frontal dan/atau koneksi white matter dengan struktur subkortikal, pasien dengan VCI cenderung menunjukkan gangguan fungsi eksekutif yang menonjol. Fungsi lain seperti memori, bahasa, dan praxis dipengaruhi secara lebih bervariasi pada demensia vaskular. (Brien & Thomas, 2015), (Iadecola, 2013), (Smith, 2017)

### 2.5.5 Diagnosis

Diagnosis akurat dari demensia vaskular memerlukan adanya pencitraan otak dalam mengevaluasi penyakit serebrovaskular agar dapat menjelaskan tingkat gangguan kognitif sesuai catatan klinis. CT scan cukup untuk menunjukkan infark yang sudah ada dan lesi white matter yang luas, meskipun MRI lebih disukai karena dapat menunjukkan secara lebih tepat derajat, lokasi, dan luasnya penyakit cerebrovaskular. Lesi white matter, yang sering mengindikasikan penyakit pembuluh darah subkortikal, mungkin sangat penting dalam kasus ini.



27. Perubahan pencitraan vascular pada MRI. Panah (A) menunjukkan lesi white matter yang luas >25% (FLAIR). Panah (B) menunjukkan infark cortical yang luas. Panah (C) menunjukkan microbleed (T2WI). Panah (D) menunjukkan multiple sunar (T1WI) (Brien & Thomas, 2015)

Lesi pada white matter dapat mengindikasikan penyebab non-iskemik lainnya, namun dalam konteks orang berusia di atas 75 tahun kemungkinan besar berasal dari pembuluh darah, dan penelitian prospektif menunjukkan bahwa meskipun pada awalnya lesi tersebut tidak terkait dengan fungsi kognitif dan gangguan fungsional otak, lesi pada white matter merupakan prediktor kuat terjadi keduanya selama 3 tahun ke depan. Penelitian pencitraan menunjukkan bahwa atrofi, baik secara umum maupun hippocampus, setidaknya memiliki kaitan yang sama kuatnya dengan demensia seperti halnya atrofi pada area otak. (Brien & Thomas, 2015)

## **2.6 Montreal Cognitive Assesment Test-Versi Indonesia (MoCA-Ina)**

### **2.6.1 Defenisi dan cara pengukuran**

Beberapa test skrining berupa Mini-Mental State Examination (MMSE), Montreal Cognitive Assessment Test, Clock Drawing Test serta pengukuran kelancaran verbal telah diadaptasi dan digunakan secara luas. Montreal Cognitive Assessment (MoCA) dikembangkan oleh Dr Ziad Nasreddine di Montreal, Kanada pada tahun 1995 untuk mendeteksi gangguan kognitif ringan (MCI) oleh para profesional kesehatan. MoCA telah direkomendasikan oleh Institut Kesehatan Nasional dan Konsorsium Stroke Kanada untuk mendeteksi gangguan kognitif vaskular dan Pedoman Konsensus Kanada untuk Diagnosis dan Perawatan Demensia untuk mendeteksi Gangguan Kognitif Ringan dan penyakit Alzheimer. (Hobson, 2015)

MoCA menilai beberapa domain kognitif yaitu visuospasial/eksekutif, penamaan, memori, perhatian, Bahasa, abstraksi, penarikan tertunda dan orientasi (ke waktu dan tempat). Banyak elemen yang familier atau mirip dengan tes fungsi kognitif lainnya. Kemampuan visuospasial dinilai dengan menggunakan tugas menggambar jam dan tugas membuat jejak yang dikatakan berguna dalam menilai kebugaran berkendara. Perhatian, konsentrasi dan memori kerja dievaluasi menggunakan tugas perhatian berkelanjutan, tugas pengurangan serial serta angka maju dan mundur. Penilaian terdiri dari tes 30 poin dan dapat dilakukan dalam 10 menit. Skor 26 atau lebih dianggap normal. (Hobson, 2015)



NAME : \_\_\_\_\_  
 Education : \_\_\_\_\_ Date of birth : \_\_\_\_\_  
 Sex : \_\_\_\_\_ DATE : \_\_\_\_\_

**MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)**

VISUOSPATIAL / EXECUTIVE		Copy cube	Draw CLOCK (Ten past eleven) (3 points)	POINTS								
		[ ]	<input type="checkbox"/> Contour <input type="checkbox"/> Numbers <input type="checkbox"/> Hands	___/5								
NAMING												
		[ ]		___/3								
MEMORY												
Read list of words, subject must repeat them. Do 2 trials. Do a recall after 5 minutes.		FACE	VELVET	CHURCH	DAISY	RED	No points					
	1st trial											
	2nd trial											
ATTENTION												
Read list of digits (1 digit/ sec).	Subject has to repeat them in the forward order	[ ]	2 1 8 5 4									
	Subject has to repeat them in the backward order	[ ]	7 4 2				___/2					
Read list of letters. The subject must tap with his hand at each letter A. No points if ≥ 2 errors		[ ]	FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOF AAB				___/1					
Serial 7 subtraction starting at 100		[ ]	93	[ ]	86	[ ]	79	[ ]	72	[ ]	65	___/3
4 or 5 correct subtractions: 3 pts, 2 or 3 correct: 2 pts, 1 correct: 1 pt, 0 correct: 0 pt												
LANGUAGE												
Repeat: I only know that John is the one to help today.		[ ]					___/2					
The cat always hid under the couch when dogs were in the room.		[ ]										
Fluency / Name maximum number of words in one minute that begin with the letter F		[ ] _____ (N ≥ 11 words)					___/1					
ABSTRACTION												
Similarity between e.g. banana - orange = fruit		[ ]		train - bicycle		[ ]		watch - ruler		___/2		
DELAYED RECALL												
Has to recall words WITH NO CUE	FACE	VELVET	CHURCH	DAISY	RED	Points for UNCUED recall only						
	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]							
Optional	Category cue		Multiple choice cue									
ORIENTATION												
[ ]	Date	[ ]	Month	[ ]	Year	[ ]	Day	[ ]	Place	[ ]	City	___/6
© Z. Nooreddine MD Version November 7, 2004										Normal ≥ 26 / 30	TOTAL	___/30
www.mocatest.org										Add 1 point if ≤ 12 yr edu		

Gambar 28. Montreal Cognitive Assesment (Hausman & Woods, 2019)

### 2.6.2 Hubungan gangguan kognitif dengan konektivitas otak

Gangguan kognitif ringan (MCI) telah digambarkan sebagai periode transisi ke keadaan yang sehat ke kemungkinan Alzheimer's Disease secara klinis ketika mengalami masalah dengan ingatan, bahasa atau fungsi mental lainnya. Penelitian non invasif pada pasien yang memiliki MCI dan AD juga mendukung bahwa white matter terlibat langsung dalam pathogenesis AD. Ada

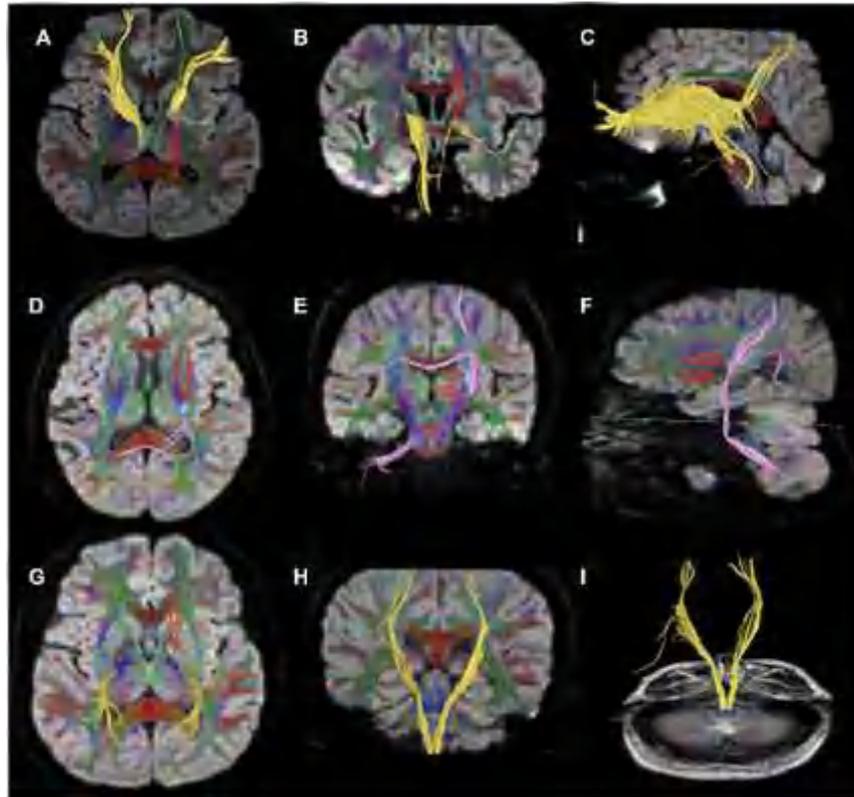


beberapa penelitian yang menggunakan MRI yang mendokumentasikan tidak hanya hilangnya grey matter tetapi juga atrophy global dan regional dari white matter dan subcortical. Demensia vascular adalah salah satu penyebab umum dari demensia setelah penyakit Alzheimer, menyebabkan sekitar 15% kasus. (Hess, 2009), (Brien & Thomas, 2015)

Diffusion Tensor Imaging (DTI) adalah Teknik MRI yang relatif baru dan sebagian besar telah digunakan untuk mengevaluasi perubahan struktur mikro di otak dengan mengukur motilitas molekul air dalam jaringan. Kemampuan pencitraan didasarkan pada kemampuan untuk menentukan karakteristik orientasi dan difusi white matter. Fractional Anisotropy (FA) merupakan skalar yang paling banyak digunakan dalam DTI. FA adalah penanda integritas aksonal yang menganggap degenerasi dapat mengubah bentuk ellipsoid difusi dan ini membuatnya sangat sensitive terhadap integritas mikrostruktur dari serabut. Tractography serabut otak adalah metode rendering untuk meningkatkan penggambaran data dari pencitraan difusi otak. Tractography merupakan salah satu alat paling kuat yang dikembangkan untuk membantu interpretasi gambar, tujuannya adalah untuk memperjelas arsitektur orientasi jaringan dengan mengintegrasikan jalur koherensi difusi maksimum. (Tae, 2018), (Hagmann et al., 2006)

DTI Sebagian besar telah diterapkan di PD untuk analisis konektivitas dalam memahami patomekanisme berbagai manifestasi klinis, termasuk gejala motorik, disfungsi kognitif dan berbagai gejala perilaku. Gejala yang berkaitan dengan fungsi eksekutif, kapasitas perhatian dan berkorelasi dengan difusi abnormal di area white matter. Validasi DTI di masa mendatang untuk mendeteksi biomarker Demensia Al-zheimer berpotensi memungkinkan diagnosis dini dan membedakan MCI dari penyakit Al-zheimer dini. Selain itu, DTI mungkin berguna sebagai alat untuk memantau perkembangan penyakit. (Tae, 2018)





Gambar 29. Gambaran Diffusion tensor tractography yang memperlihatkan penurunan FA dan tractus white matter pada pasien post stroke depression. (Deng et al., 2021)

(A–C) Gambar DTT dari radiatio thalamus anterior diproyeksikan dari kelompok nucleus anterior thalamus dorsal dan nucleus medialis dorsalis ke gyrus cinguli dan lobus frontal. Bagian anterior capsula interna merupakan radiatio thalamus anterior, yang menghubungkan thalamus dan lobus prefrontal. Garis radiatio thalamus anterior berkurang secara signifikan, dan hubungannya dengan jaringan otak di sekitarnya terputus (panah merah). FA dari radiatio thalamus anterior ipsilesional lebih rendah dibandingkan dengan sisi kontralesi. (D – F) Gambar DTT dari saluran corticoserebelar bersilangan memanjang dari cortex frontal dan parietal (sebagian dari gyrus frontal inferior), turun melalui crus posterior capsula interna, melewati pontin anterior dan berakhir di hemisfer cerebellaris contralateral. Garis-garis saluran corticocerebellar yang bersilangan dan hubungannya dengan jaringan otak di sekitarnya berkurang secara signifikan dipisahkan (panah merah). FA pada saluran corticoserebelar ipsilesional lebih rendah dibandingkan pada sisi kontralesi. (G–I) Gambar DTT dari tractus corticospinal yang sebagian besar diproyeksikan ke cortex lobus parietal dan sebagian kecil diproyeksikan ke tepi lateral corpus callosum. Garis tractus corticospinal berkurang secara signifikan, dan

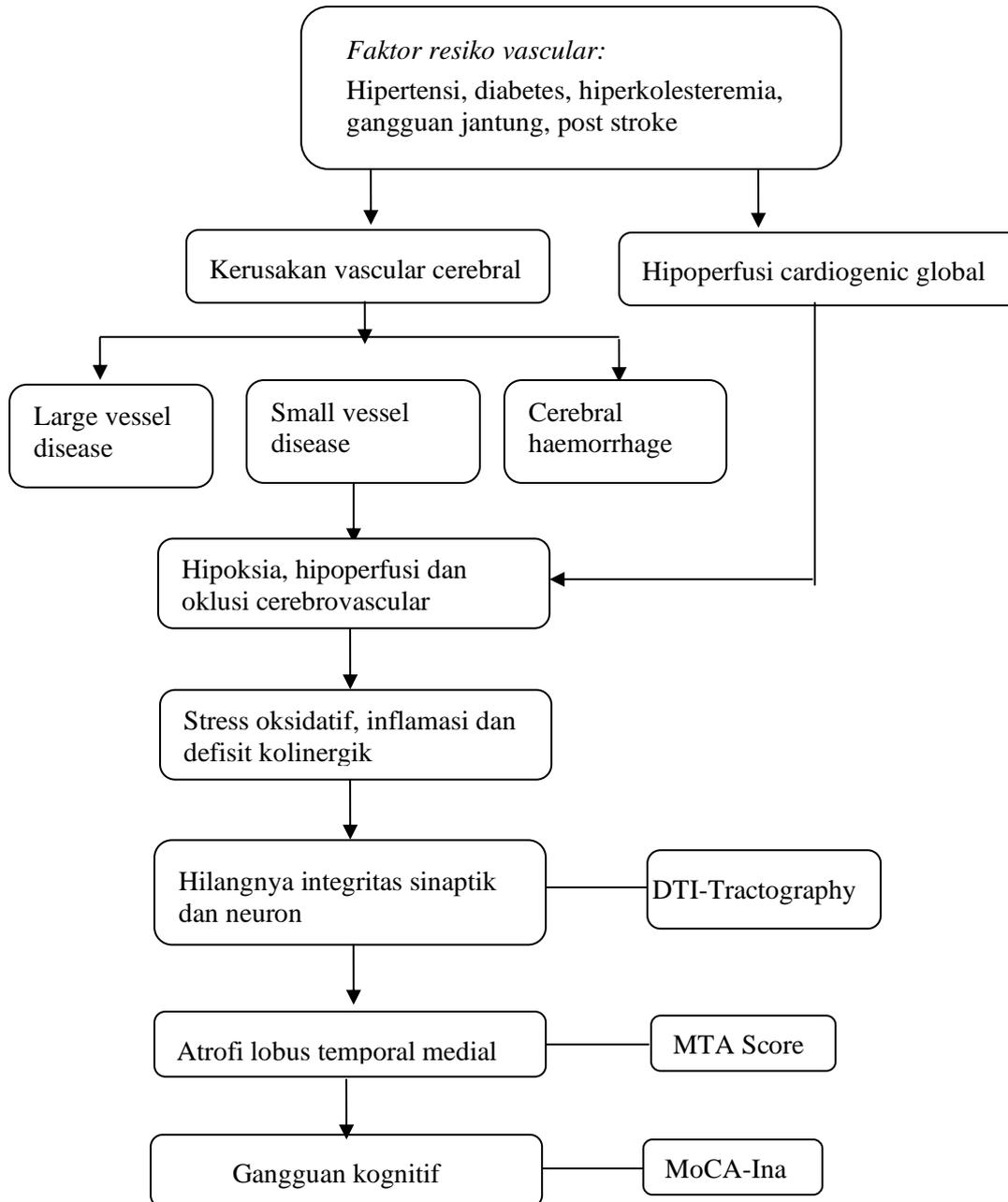


hubungannya dengan jaringan otak di sekitarnya terpisah (panah merah). FA pada saluran corticospinal ipsilesional lebih rendah dibandingkan pada sisi kontralesi. (Deng et al., 2021)

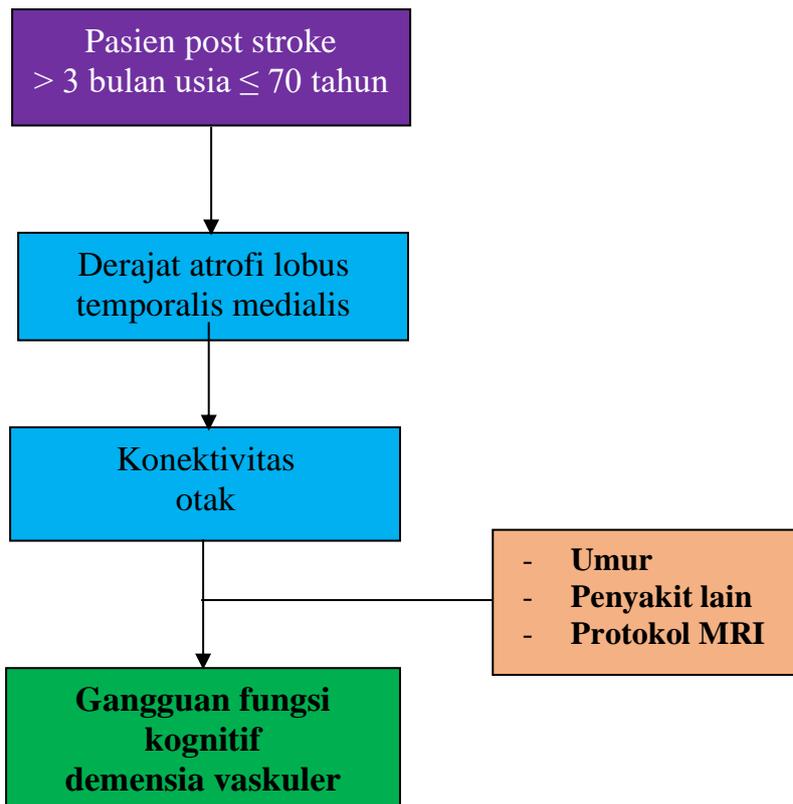


### BAB III KERANGKA PENELITIAN

#### Kerangka Teori



## Kerangka Konsep



### Keterangan:

