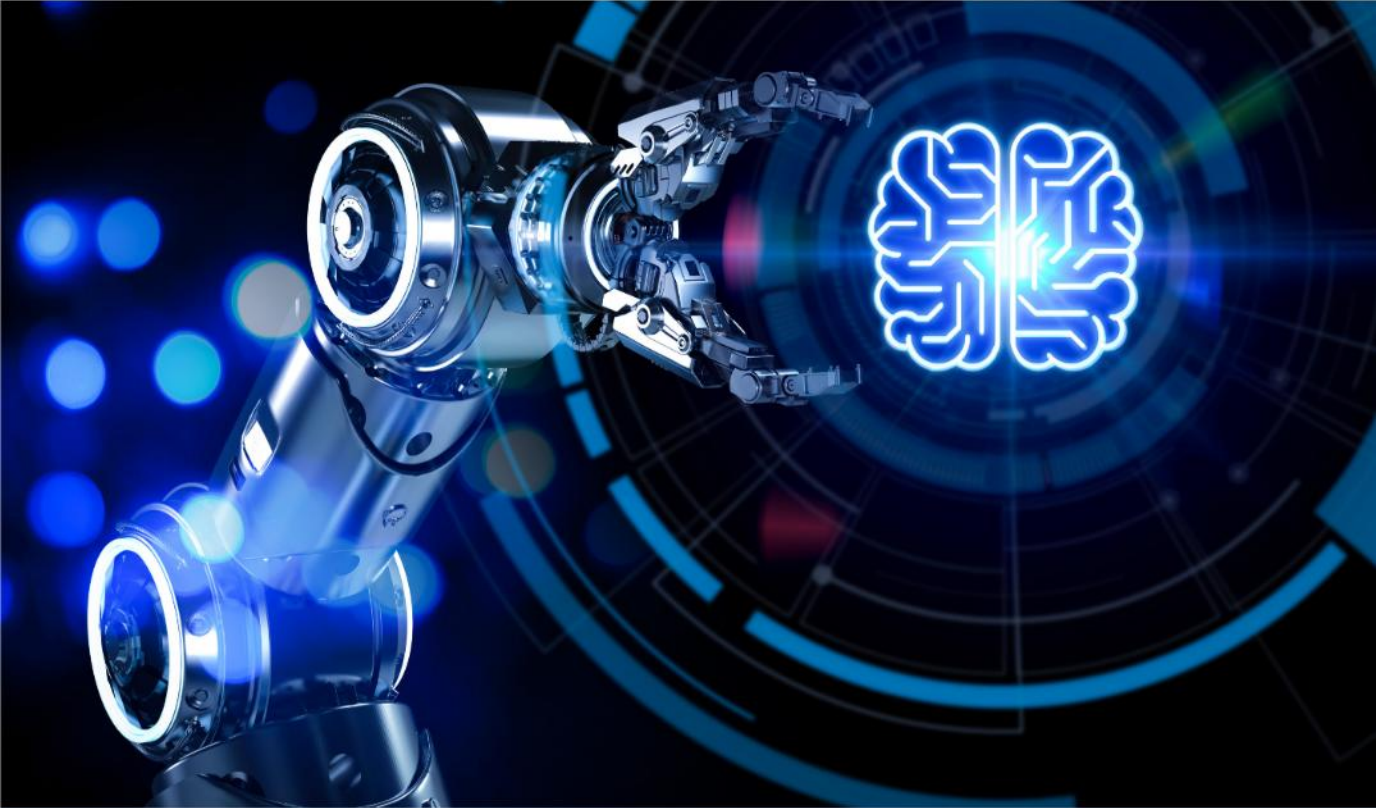
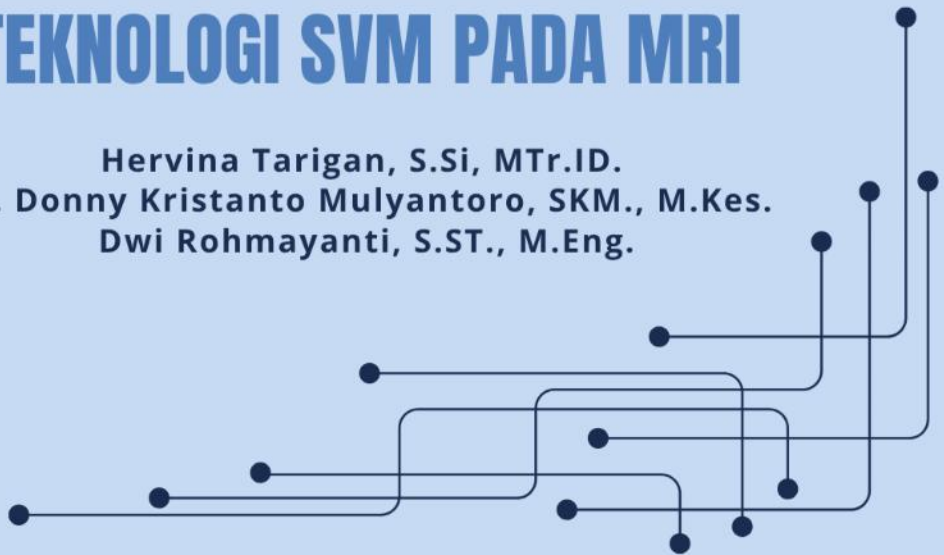




REVOLUSI DIAGNOSTIK OTAK

DETEKSI TUMOR DENGAN TEKNOLOGI SVM PADA MRI

**Hervina Tarigan, S.Si, MTr.ID.
Dr. Donny Kristanto Mulyantoro, SKM., M.Kes.
Dwi Rohmayanti, S.ST., M.Eng.**



REVOLUSI DIAGNOSTIK OTAK

Deteksi Tumor dengan Teknologi SVM pada MRI

Hervina Tarigan, S.Si, MTr.ID.
Dr. Donny Kristanto Mulyantoro, SKM., M.Kes.
Dwi Rohmayanti, S.ST., M.Eng.



REVOLUSI DIAGNOSTIK OTAK

Deteksi Tumor dengan Teknologi SVM pada MRI

Penulis:

Hervina Tarigan, S.Si, MTr.ID.
Dr. Donny Kristanto Mulyantoro, SKM., M.Kes.
Dwi Rohmayanti, S.ST., M.Eng.

Editor:

Erik Santoso

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Juni 2025

Hak Cipta 2025, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2025 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2025
; 18 x 25cm

ISBN

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, buku ini yang berjudul "Revolusi Diagnostik Otak: Deteksi Tumor dengan Teknologi SVM pada MRI" akhirnya dapat disusun dan diselesaikan. Buku ini hadir sebagai respon atas perkembangan teknologi di bidang radiologi dan kecerdasan buatan yang kini semakin berperan penting dalam proses deteksi dini dan diagnosis penyakit kompleks seperti tumor otak.

Kesehatan otak merupakan aspek vital dalam kehidupan manusia. Tumor otak, baik jinak maupun ganas, memerlukan proses diagnosis yang cepat, akurat, dan efisien agar penanganannya dapat dilakukan sedini mungkin. Kemajuan teknologi pencitraan medis seperti Magnetic Resonance Imaging (MRI), dikombinasikan dengan metode pengolahan citra digital dan algoritma machine learning, khususnya Support Vector Machine (SVM), memberikan harapan baru dalam meningkatkan kualitas diagnosis medis.

Buku ini menyajikan penjelasan menyeluruh yang dimulai dari anatomi dan fisiologi otak, konsep tumor dan diagnostiknya, pemahaman mendalam tentang prinsip kerja MRI, hingga pemanfaatan metode GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix), SVM, dan pemrograman MATLAB dalam membangun sistem deteksi otomatis tumor otak. Di bagian akhir, pembaca akan diajak memahami bagaimana sistem machine learning ini diuji, dianalisis, dan dibandingkan dengan hasil expertise seorang radiolog dalam konteks akurasi, efisiensi, dan kecepatan klasifikasi.

Buku ini ditujukan bagi mahasiswa, peneliti, praktisi teknologi medis, dan semua pihak yang tertarik pada integrasi antara ilmu kedokteran, teknik informatika, dan kecerdasan buatan. Harapannya, buku ini dapat menjadi referensi penting sekaligus membuka cakrawala baru dalam praktik diagnosis modern yang berbasis teknologi.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan di masa yang akan datang.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	II
BAB I ANATOMI DAN FISILOGI OTAK	1
A. <i>Brainstem</i> (Batang Otak)	2
1. Medulla oblongata	3
2. Pons	3
3. <i>Mid Brain</i> (Otak Tengah)	3
B. <i>Cerebellum</i> (Otak Kecil)	4
C. Diencephalon	4
1. Thalamus	5
2. Epithalamus	5
3. Hypothalamus	5
D. <i>Cerebrum</i> (Otak Besar)	6
E. <i>Meninges</i> (Lapisan Otak)	8
1. Dura mater	9
2. Araknoid mater	9
3. Pia mater	9
4. Subarachnoid sisterna	9
F. Sistem Ventrikel	10
G. Peredaran Darah Otak	10
1. Peredaran Darah Arteri	10
2. Peredaran Darah Vena	11
BAB II KONSEP TUMOR OTAK	12
A. Definisi Umum	12
B. Pathophysiology Tumor Otak	13
C. Keganasan Tumor Otak	15
1. Tumor Jinak	15
2. Tumor Ganas	16
BAB III DIAGNOSIS KANKER OTAK	18
A. Pemeriksaan Klinis	18

B. Pemeriksaan Laboratorium	18
C. Pemeriksaan Radiologi	18
1. CT Scan	18
2. <i>Magnetic Resonance Imaging</i> (MRI)	19
 BAB V HAKIKAT <i>MAGNETIC RESONANCE IMAGING</i> (MRI)	20
A. Konsep Dasar Inti Atom Hidrogen	20
B. Presesi	21
C. Resonansi	21
D. Relaksasi	22
E. Fenomena T1 dan T2	22
F. Parameter MRI	23
G. Pulsa Sequence	24
 BAB VI TEKNIK PEMERIKSAAN <i>MAGNETIC RESONANCE IMAGING</i> (MRI) <i>BRAIN</i>	28
A. Pengertian	28
B. Indikasi pemeriksaan	28
C. Persiapan pasien	28
D. Persiapan alat	28
E. Posisi pasien	29
F. Protokol pemeriksaan yang disarankan	29
 BAB VII CITRA DIGITAL DALAM DUNIA KESEHATAN	32
A. Definisi Citra Digital	32
B. Format File Citra Digital	32
 BAB VIII EKTRAKSI FITUR	34
A. Segmentasi metode <i>thresholding</i>	34
B. Proses Ekstraksi Fitur	35
C. Gray Level Coocirrence Matrikx (GLCM)	35
D. Principal Component Analysis (PCA)	39
 BAB IX METODE SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)	42
A. SVM Linear	45
B. SVM Nonlinear	46
C. SVM Multiclass	48
D. Karakteristik SVM	49
E. Perbandingan SVM dengan metode lain	50

BAB X PENDEKATAN KOMPUTASI UNTUK DETEKSI TUMOR OTAK: GLCM, SVM, DAN MATLAB	51
A. Metode Gray Level Coocirrence Matrikx (GLCM) dan Support Vector Machine (SVM) dalam Pendeteksian Tumor	51
B. Machine Learning	54
C. Pemrograman Komputer MATLAB (<i>Matrices Laboratory</i>)	55
 BAB XI PENGANTAR PENTINGNYA REVOLUSI DIAGNOSTIK OTAK	 57
 BAB XII REVOLUSI DIAGNOSTIK OTAK: DETEKSI TUMOR DENGAN TEKNOLOGI SVM PADA MRI	 64
A. Model Machine Learning Support Vector Machine (SVM)	64
B. Karakteristik Sampel	72
C. Analisis Kinerja Model <i>Machine Learning</i> dengan metode <i>Support Vector Machine</i> (SVM)	74
D. Kinerja Machine Learning terhadap Hasil Ekspertise Radiolog	83
E. Kinerja <i>Support Vector Machine</i> (SVM) dengan Hasil <i>Ekspertise Radiolog</i>	84
 DAFTAR PUSTAKA	 96

BAB I

ANATOMI DAN FISILOGI OTAK

Struktur tulang kepala yang utama adalah tengkorak, dimana tengkorak ini berfungsi melindungi otak dan sel saraf yang terdapat didalamnya. Jaringan Otak berada dalam tengkorak kepala dan terus turun kebawah menjadi saraf tulang belakang atau *medulla spinalis*. Otak memiliki berat kurang lebih 1.300-1.400 gr atau 2 % dari berat badan, 60 % dari otak terdiri dari lemak dan 40% terdiri dari campuran air, protein, karbohidrat dan garam. Jaringan otak bukanlah termasuk jenis otot, tapi berisi pembuluh darah dan syaraf. Jaringan otak terdiri dari materi abu (gray matter) dan materi putih (white matter), materi abu-abu berada pada lapisan luar, materi putih berada pada lapisan dalam dan dilapisi oleh mielin sehingga warnanya terlihat putih. Otak dan *spinal cord* termasuk susunan dari syaraf pusat (18).

Otak semakin lama semakin bertambah besar dan tetap berada dalam tengkorak kepala, sehingga susunan otak semakin berliku-liku atau konvolusi. Jika otak semakin banyak lekukannya maka informasi yang tersimpanpun akan semakin banyak, dan kecerdasan akan semakin bertambah. Otak berfungsi mengatur manusia dalam beraktifitas, seperti mengaturnangsang untuk bergerak dan kemampuan untuk melakukan rangsangan secara mental seperti daya ingat atau memori, emosi, sifat atau kepribadian. Mekanisme otak dalam bekerja adalah dimana otak mengirim dan menerima sinyal dari dan keseluruhan tubuh Sinyal yang berbeda akan memberikan respon yang berbeda juga, beberapa pesan disimpan dalam otak dan yang lainnya diteruskan melalui tulang belakang untuk diteruskan bagian *ekstremitas* (19).

Secara anatomi, otak terdiri dari empat bagian besar yaitu otak besar (cerebrum), otak kecil (cerebellum), diencephalon dan batang otak (brain stem). Otak kecil bertugas sebagai pusat koordinasi dan keseimbangan sedangkan otak besar bertugas mengatur fungsi dasar kehidupan seperti denyut jantung dan pernapasan (19).

Otak merupakan organ yang sangat penting dalam tubuh manusia. Otak sebagai pusat kendali segala kegiatan yang dilakukan pada organ-organ tubuh yang lain (20):

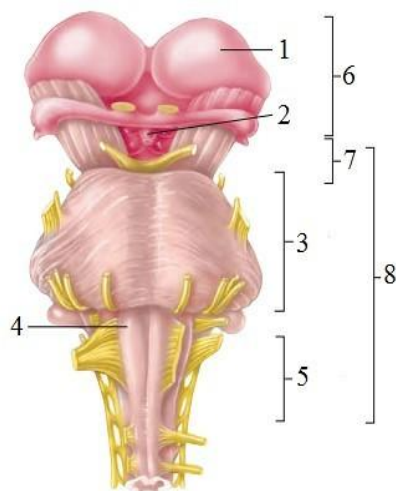
A. Brainstem (Batang Otak)

Batang otak adalah penghubung antara susunan syaraf tepi dengan otak. Batang otak terdiri dari *medulla oblongata*, *pons*, dan *mid brain* (otak tengah). Fungsi utama dari batang otak antara lain untuk mengatur detak jantung, tekanan darah, dan pernafasan (20).

Batang otak atau *brainstem* merupakan otak bagian bawah dan terhubung dengan *spinal cord* atau sumsum tulang belakang. Struktur batang otak terdiri dari *mesenphalon* (otak tengah), *pons* (bagian dari metencephalon) dan *medulla oblongata* (myelencephalon). Batang otak mengelilingi *aqueduct cerebral* yang merupakan saluran penghubung antara ventrikel ke 3 dengan ventrikel ke 4 (20).

Pons merupakan bagian yang utama dan terbesar dari batang otak yang berada diatas *medulla oblongata* dan dibawah otak tengah yang memiliki panjang 2,5 cm. *Pons* merupakan batangan yang berisi serabut syaraf yang berfungsi menghubungkan otak besar dan *spinalcord* serta menghubungkan otak kecil kanan dan kiri. *Medula oblongata* berbentuk kerucut memanjang dari *pons* menuju *foramen magnum* dan terus terhubung dengan *spinalcord*. Pada bagian depan dari *medulla oblongata* terdapat celah kecil yang membentuk saluran *cerebral aqueduct* yang membentuk pada *ventrikel* ke 4 (20).

Batang otak memiliki syaraf motorik dan sensorik utama ke wajah dan leher melalui syaraf *cranial* dan juga sebagai penghubung antara otak besar dengan basal *ganglia*, *diencephalon*, otak kecil dan *spinalcord*. Batang otak ini juga memiliki peranan penting dalam pengaturan fungsi jantung dan pernafasan serta mengatur system syaraf pusat serta menjaga kesadaran dan mengatur siklus tidur(20).



Keterangan Gambar :

1. *Thalamus*
2. *Infundibulum*
3. *Pons*
4. *Pyramid*
5. *Medulla oblongata*
6. *Diencephalon*
7. *Midbrain*
8. *Brainstem*

Gambar 2.1. Anatomi Batang Otak dan *Diencephalon* (20).

1. Medulla oblongata

Medulla oblongata terletak pada bagian *inferior* dari batang otak dan merupakan kelanjutan dari *spinal cord*. *Medulla oblongata* berada setinggi *Foramen magnum* sampai dengan *pons*. *Medulla oblongata* memiliki fungsi yang spesifik seperti untuk mengatur detak jantung, diameter pembuluh darah, pernafasan, fungsi s menelan, muntah, batuk, bersin, keseimbangan dan koordinasi (20).

2. Pons

Dari *superior medulla oblongata* terdapat *pons*. *Pons* ini terdiri syaraf-syaraf *ascenden* dan *descenden*. Beberapa syaraf berfungsi sebagai “jembatan” atau penghubung antara *cerebrum* dan *cerebellum*. Pada bagian *inferior pons* memiliki fungsi pernafasan, menelan dan keseimbangan. Bagian lain dari *pons* berguna dalam fungsi mengunyah dan pengaturan air liur (20).

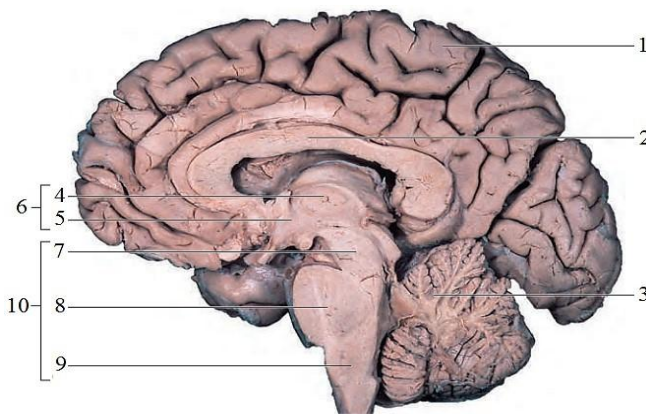
3. Mid Brain (Otak Tengah)

Terletak pada bagian *superior* dari *pons* dan merupakan bagian terkecil dari batang otak. Otak tengah berfungsi pada pengaturan pergerakan mata, pengaturan diameter pupil dan bentuk lensa (20).

B. *Cerebellum* (Otak Kecil)

Otak kecil terletak menempel dengan batang otak, dengan beberapa konektor yang disebut *Cerebellar penducles*. *Cerebellar penducles* menghubungkan antara *cerebellum* dengan bagian lain di susunan syaraf pusat (20).

Cerebelum atau otak kecil merupakan bagian otak yang paling kecil terletak didasar otak *fosa posterior* dari *cranial* di bawah *tentorium* dan dibelakang batang otak.



Keterangan Gambar:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Cerebrum</i> | 6. <i>Diencephalon</i> |
| 2. <i>Corpus callosum</i> | 7. <i>Midbrain</i> |
| 3. <i>Cerebellum</i> | 8. <i>Pons</i> |
| 4. <i>Thalamus</i> | 9. <i>Medulla Oblongata</i> |
| 5. <i>Hypothalamus</i> | 10. <i>Brainstem</i> |

Gambar 2.2. Anatomi Otak Dan Letak *Cerebellum Inferior* (20).

C. *Diencephalon*

Diencephalon adalah bagian dari otak antara batang otak dan *cerebrum*. *Diencephalon* terdiri dari *thalamus*, *epithalamus* dan *hypothalamus* (20).

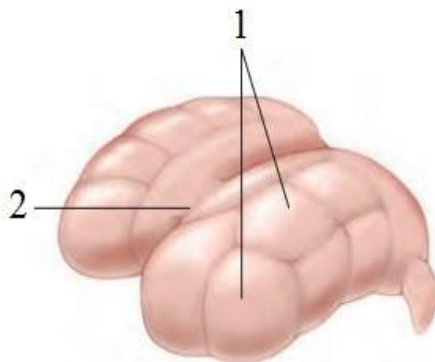
Diencephalon adalah bagian dari otak depan dan berada diantara *telencephalon* dan otak tengah (*mesencephalon*) dan posisinya tertutup dari *hemisphere cerebral*. *Diencephalon* adalah salah satu *vesicles* otak yang terbentuk selama proses *embryogenesis*. *Diencephalon* meliputi struktur otak ventrikel ke 3, *thalamus*, *hypothalamus*, *epithalamus* dan *subthalamus*. Posisi *epithalamus*, *thalamus* dan *hypothalamus* membentuk garis mengelilingi ventrikel ke 3, *thalamus* membentuk sisilateral dari

ventrikel ke 3, *epithalamus* membentuk atap dari ventrikel ke 3 dan *hypothalamus* membentuk lantai dari ventrikel ke 3.

Epithalamus terletak pada bagian *posterior* dari *diencephalon* berfungsi sebagai penghubung system limbik dengan bagian otak lainnya. *Thalamus* adalah bagian yang terbesar dari *Diencephalon*, berfungsi sebagai pesan menerima dan menyebarkan informasi antara perifer dengan pusat yang lebih tinggi seperti *cortex cerebri* yang berhubungan dengan kesadaran, tidur atau sebagai fungsi sensorik. *Hypothalamus* adalah pusat control system syaraf autonomy (20).

1. Thalamus

Bagian yang paling besar dari *diencephalon* yang terdiri dari susunan syaraf dengan bentuk seperti yo-yo. Kedua sisi dihubungkan dengan suatu bagian kecil yang disebut *interthalamic adhesion*.



Keterangan

Gambar:

1. *Thalamic nuclei*
2. *Interthalamic adhesion*

Gambar 2.3. Anatomi *Thalamus* (20).

2. Epithalamus

Epithalamus merupakan bagian kecil yang berada pada *superior* dan *posterior* dari *thalamus*. Dari bagian *thalamus* terdapat *pineal gland*, adalah sebuah kelenjar endokrin yang mempengaruhi aktifitas pubertas pada usia remaja (20).

3. Hypothalamus

Merupakan bagian paling *inferior* yang terdiri dari beberapa syaraf yang berfungsi sangat penting dalam pengaturan *homeostasis*. *Hypothalamus* berperan penting dalam pengaturan suhu tubuh, rasa lapar dan haus. Sensasi seperti kesenangan seksual, emosional meliputi

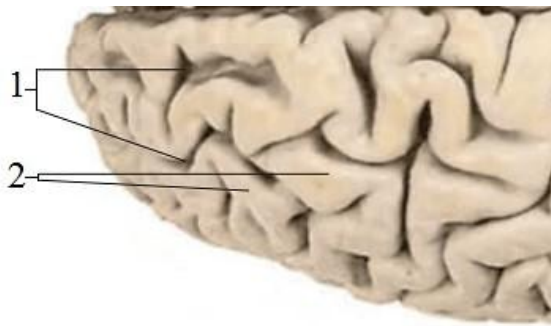
kemarahan dan rasa takut serta rasa rileks setelah makan. Selain itu, *hypothalamus* juga berperan dalam pengaturan sekresi hormon dari kelenjar pituitary (20).

D. Cerebrum (Otak Besar)

Cerebrum adalah bagian otak terbesar, yang terdiri dari *hemisphere* kanan dan kiri dan dipisahkan dengan *longitudinal fissure*. Bagian dari permukaan *hemisphere* yang mencolok atau nampak pada permukaan disebut *gyrus*, sedangkan lipatan kedalam disebut *sulcus* (20).

Cerebrum merupakan pusat syaraf yang terdiri dari dua belahan kanan dan kiri. Otak besar menempati sebagian besar area *intra cranial* dan terletak diatas *tentorium cerebellum*. Lapisan permukaan otak terdiri dari lipatan-lipatan yang di sebut *gyrus* lapisan yang menonjol dan *sulci* lapisan lekukan. Jaringan *parenkim* otak terdiri dari *cerebral cortex* (gray matter) dan *cerebral white matter*. *Gray matter* berwarna keabu-abuan merupakan susunan badan sel syaraf yang terdapat nucleus. *Cerebral white matter* terlihat berwarna putih atau lebih terang, terdiri dari susunan *akson* dari sel syaraf yang dilapisi oleh *myelin* yang merupakan lapisan lemak, sehingga terlihat berwarna lebih terang.

Otak besar (hemisfer) dibagi dua bagian yaitu otak kanan dan kiri, diantara keduanya terdapat sebuah celah disebut dengan *fisura longitudinal*, walaupun terdapat celah pada dasarnya tetap terhubung yaitu melalui suatu struktur putih yang berisi syaraf yang berbentuk huruf C disebut dengan *corpus callosum*. *Corpus callosum* ini merupakan susunan syaraf yang padat dan berfungsi menghubungkan informasi antara otak kanan dan otak kiri. Otak belahan kanan berfungsi mengatur tubuh bagian kiri dan otak belahan kiri mengatur tubuh bagian kanan (20).

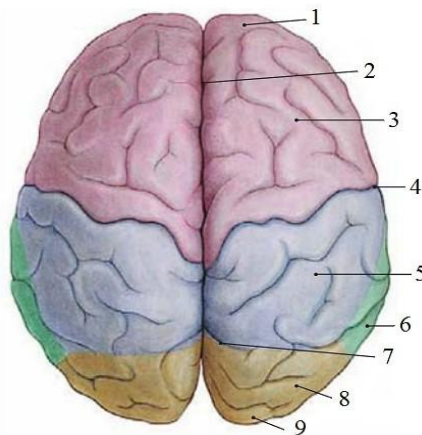


Keterangan
Gambar:

1. Sulcus
2. Gyrus

Gambar 2.4. Anatomi Gyrus dan Sulcus (20).

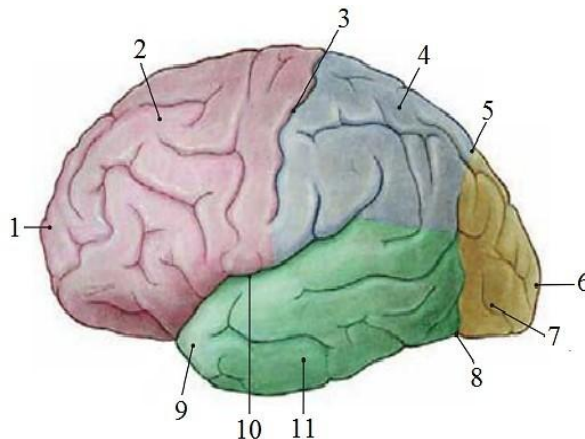
Setiap *hemisphere* terdiri dari *lobus-lobus* dengan sebutan sesuai dengan tulang yang menutupinya. Terdapat *lobus frontalis*, *lobus parietalis*, *lobus occipitalis* dan *lobus temporalis*. Di antara *lobus frontalis* dan *parietalis* dipisahkan dengan *central sulcus* (20)



Keterangan Gambar :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. <i>Polus frontalis</i> | 6. <i>Lobus temporalis</i> |
| 2. <i>Fisura longitudinalis cerebri</i> | 7. <i>Sulcus parietooccipitalis</i> |
| 3. <i>Lobus frontalis</i> | 8. <i>Lobus occipitalis</i> |
| 4. <i>Sulcus centralis</i> | 9. <i>Polus occipitalis</i> |
| 5. <i>Lobus parietalis</i> | |

Gambar 2.5. Anatomi Lobus dari pandangan superior (21).



Keterangan Gambar:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Polus frontalis</i> | 7. <i>Lobus occipitalis</i> |
| 2. <i>Lobus frontalis</i> | 8. <i>Incisura preoccipitalis</i> |
| 3. <i>Sulcus centralis</i> | 9. <i>Polus temporalis</i> |
| 4. <i>Lobus parietalis</i> | 10. <i>Sulcus lateralis</i> |
| 5. <i>Sulcus parietooccipital</i> | 11. <i>Lobus temporalis</i> |
| 6. <i>Polus occipitalis</i> | |

Gambar 2.6. Anatomi Lobus dari pandangan lateral (21).

Fungsi masing-masing *lobus* antara lain (21):

- Lobus Frontal*, berhubungan dengan penalaran, ketrampilan motorik, kognisi tingkat yang lebih tinggi, dan bahasan ekspresif, serta fungsi syaraf motorik.
- Lobus Parietal*, mengatur sentuhan rasa sakit, tekanan, suhu dan keseimbangan
- Lobus Temporal*, sebagai fungsi pendengaran dan penaksiran suara yang didengar, serta pembentukan ingatan
- Lobus Occipital*, berhubungan dengan rangsangan visual dan menafsirkan informasi, khususnya untuk penglihatan.

E. Meninges (Lapisan Otak)

Meninges, adalah tiga membran yang membungkus susunan saraf pusat, dari lapisan terluar hingga terdalam; dura mater, arakhnoid mater, dan pia mater.

Meningens adalah *system membrane* yang melapisi *system syaraf* pusat yang terdiri dari tiga lapisan jaringan ikat yang menutupi otak. Cairan *serebrospinal* berada diruang *subarachnoid* yaitu antara *arachnoid* dan *pia*

mater, pada daerah tertentu *arachnoid* dan *pia mater* dipisahkan secara luas sehingga membentuk suatu ruang yang disebut dengan *sisterna*. Lapisan pelindung otak atau meninges terdiri dari (22):

1. Dura mater

Dura mater adalah pembungkus inelastik kuat yang terdiri dari dua lapis (dura artinya "kuat"). Lapisan-lapisan ini biasanya melekat erat, tetapi di beberapa tempat keduanya terpisah untuk membentuk rongga berisi darah, sinus dural, atau rongga yang lebih besar, sinus venosus. Darah vena yang berasal dari otak mengalir ke sinus ini untuk dikembalikan ke jantung. Cairan serebrospinal juga masuk kembali ke darah di salah satu dari sinus-sinus ini (22).

2. Arachnoid mater

Arachnoid mater adalah lapisan halus kaya pembuluh darah dengan penampakan "sarang laba-laba" (arachnoid artinya "seperti laba-laba"). Ruang antara lapisan arachnoid dan pia mater di bawahnya, ruang subarachnoid, terisi oleh CSS. Penonjolan jaringan arachnoid, vili arachnoid, menembus celah-celah di dura di atasnya dan menonjol ke dalam sinus dura. CSS direabsorpsi menembus permukaan vilus-vilus ini untuk masuk ke sirkulasi darah di dalam sinus (22).

3. Pia mater

Pia mater adalah yang paling rapuh (pia artinya "lempuh"). Lapisan ini memiliki banyak pembuluh darah dan melekat erat ke permukaan otak dan medula spinalis, mengikuti setiap tonjolan dan lekukan. Di daerah-daerah tertentu, lapisan ini masuk jauh ke dalam otak untuk membawa pembuluh darah berkontak erat dengan sel-sel endim yang melapisi ventrikel. Hubungan ini penting dalam pembentukan CSS, suatu topik yang kini akan kita bahas (22).

4. Subarachnoid sisterna

Subarachnoid sisterna adalah ruangan antara *arachnoid* dan *pia mater* yang terpisah lebih jauh sehingga menimbulkan sebuah ruangan yang disebut sisterna yang berisikan cairan *serebrospinal* (22).

F. Sistem Ventrikel

Ventrikel terdiri dari empat rongga yang saling berhubungan di dalam interior otak serta juga bersambungan dengan kanalis sentralis sempit yang membentuk terowongan di bagian tengah medulla spinalis. Sel-sel ependim yang melapisi ventrikel ikut membentuk cairan serebrospinal. Sel-sel ependim adalah salah satu dari beberapa jenis sel yang memiliki silia. Gerakan silia sel ependim ikut berperan mengalirkan cairan serebrospinal di seluruh ventrikel. Sel ini berfungsi sebagai sel punca neuron dengan potensi membentuk tidak saja sel glia lain tetapi juga neuron (22).

G. Peredaran Darah Otak

Darah mengangkut zat asam, makanan dan substansi lainnya yang diperlukan bagi fungsi jaringan hidup yang baik. Kebutuhan otak sangat mendesak dan vital, sehingga aliran darah yang konstan harus terus dipertahankan. Suplai darah arteri ke otak merupakan suatu jalinan pembuluh-pembuluh darah yang bercabang-cabang, berhubungan erat satu dengan yang lain sehingga dapat menjamin suplai darah untuk sel (22).

1. Peredaran Darah Arteri

Suplai darah ini dijamin oleh dua pasang arteri, yaitu arteri vertebralis dan arteri karotis interna, yang bercabang dan beranastomosis membentuk *circulus willisi*. Arteri karotis interna dan eksterna bercabang dari arteri karotis komunis yang berakhir pada arteri serebri anterior dan arteri serebri medial. Di dekat akhir arteri karotis interna, dari pembuluh darah ini keluar arteri *communicans posterior* yang bersatu ke arah kaudal dengan arteri serebri posterior. Arteri serebri anterior saling berhubungan melalui arteri *communicans anterior*. Arteri vertebralis kiri dan kanan berasal dari arteria subklavia sisi yang sama. Arteri subklavia kanan merupakan cabang dari arteria *inominata*, sedangkan arteri subklavia kiri merupakan cabang langsung dari aorta. Arteri vertebralis memasuki tengkorak melalui *foramen magnum*, setinggi perbatasan Pons dan medula oblongata. Kedua arteri ini bersatu membentuk arteri basilaris.

2. Peredaran Darah Vena

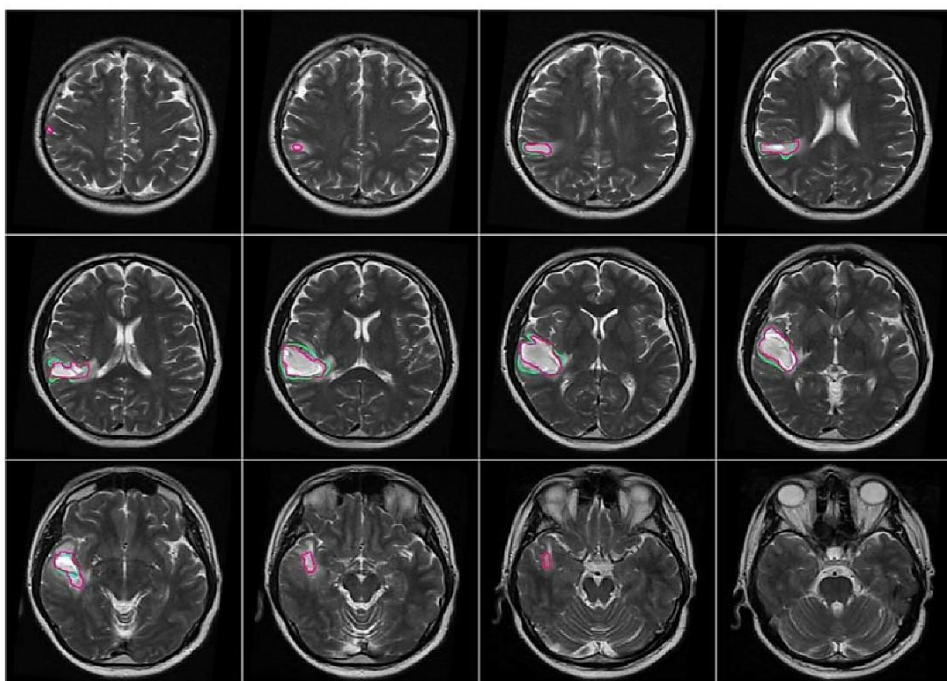
Aliran darah vena dari otak terutama ke dalam sinus-sinus duramater, suatu saluran pembuluh darah yang terdapat di dalam struktur duramater. Sinus-sinus duramater tidak mempunyai katup dan sebagian besar berbentuk triangular. Sebagian besar vena cortex superfisial mengalir ke dalam sinus longitudinalis superior yang berada di medial. Dua buah vena cortex yang utama adalah vena anastomotica magna yang mengalir ke dalam sinus longitudinalis superior dan vena anastomotica parva yang mengalir ke dalam sinus transversus. Vena-vena serebri profunda memperoleh aliran darah dari basal ganglia.

BAB II

KONSEP TUMOR OTAK

A. Definisi Umum

Tumor otak merupakan istilah umum yang digunakan untuk segala pembengkakan atau benjolan yang disebabkan oleh apa pun baik oleh pertumbuhan jaringan baru maupun adanya pengumpulan cairan seperti kista atau benjolan yang berisi darah akibat benturan pada otak. Namun, istilah tumor umumnya digunakan untuk menyatakan adanya benjolan yang disebabkan oleh pertumbuhan jaringan baru, tetapi bukan radang. Pertumbuhannya dapat digolongkan sebagai ganas (*malignan*) atau jinak (*benign*). Tumor jinak memiliki ciri-ciri tumbuh secara terbatas, memiliki selubung, tidak menyebar dan bila dioperasi dapat dikeluarkan secara utuh sehingga dapat sembuh sempurna, sedangkan tumor ganas memiliki ciri-ciri yaitu dapat menyusup ke jaringan sekitarnya, dan sel kanker dapat ditemukan pada pertumbuhan tumor tersebut. Perlu dikenalnya tumor jinak dan ganas karena tumor ganas akan menjadi kanker yang merupakan salah satu penyebab utama kematian sejak dekade terakhir. Jika kanker dapat dideteksi sejak dini, pilihan pengobatan dan kemungkinan sembuh total akan meningkat (1)



Gambar 2.7. MRI Brain Tumor (1).

Tumor otak adalah pertumbuhan sel-sel otak yang abnormal di dalam otak. Tumor otak primer apabila pertumbuhan sel abnormal terjadi pertama kali di dalam otak bukan merupakan metasase dari tumor di organ lainnya. Tumor otak mempunyai sifat yang berlainan dibandingkan tumor di tempat lain. Walaupun secara histologis jinak, mungkin akan bersifat ganas karena letaknya berdekatan atau di sekitar struktur vital dan dalam rongga tertutup yang sukar dicapai. Untuk dapat memahami tumor otak, ada baiknya terlebih dahulu memahami anatomi otak (25). Jika tumor bersifat ganas maka akan menjadi kanker otak menjadi jenis kanker di mana sel-sel ganas berkembang dari jaringan otak. Kemudian sel-sel yang rusak dapat menyerang jaringan di sekitarnya. Penyakit ini menjadi kanker paling umum. Jika kanker dapat dideteksi sejak dini, pilihan pengobatan dan kemungkinan sembuh total akan meningkat (26).

B. Pathophysiology Tumor Otak

Tumor atau disebut juga neoplasma adalah suatu penyakit pertumbuhan sel karena di dalam organ tubuh timbul dan berkembang biak sel-sel baru yang tumbuh abnormal, cepat, dan tidak terkendali dengan bentuk, sifat dan gerakan yang berbeda dari sel asalnya, serta merusak bentuk dan fungsi organ asalnya. Sel akan menyusup (*invasive*)