

Penatalaksanaan Hidrosefalus Obstruktif pada Tumor Otak Derajat Tinggi: Laporan Kasus Astrocytoma Anaplastik Grade 3

Meilani Dwi Pratiwi¹, Afrizal², Astri Avianti³

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Yarsi

Corresponding Author: meilani.tiwi552@gmail.com

Published: December, 2025

ABSTRAK

Tumor otak merupakan pertumbuhan sel abnormal pada jaringan otak yang dapat bersifat primer maupun metastasis. Tumor otak memiliki insiden yang lebih rendah dibandingkan tumor pada organ lain, namun menimbulkan morbiditas dan mortalitas yang tinggi karena melibatkan sistem saraf pusat. Secara global, insiden tumor otak mencapai sekitar 3,5 per 100.000 penduduk dengan angka mortalitas 2,6 per 100.000, dan menunjukkan peningkatan di Asia serta Eropa. Di Indonesia, insidennya berkisar antara 2,8–3,2 per 100.000 dengan mortalitas yang hampir sebanding. Seorang laki-laki, 76 tahun, datang dengan penurunan kesadaran sejak satu hari sebelum masuk rumah sakit, disertai napas cepat dan keluhan sakit kepala berbulan-bulan serta kelemahan anggota gerak kiri. Hasil CT-scan kepala menunjukkan massa intraaksial di lobus frontotemporo-parietal kanan dengan edema vasogenik dan herniasi subfalsin 0,85 cm ke kiri. Diagnosis ditegakkan dengan pemeriksaan patologi anatomi sebagai astrocytoma anaplastik, WHO grade 3. Pasien menjalani tindakan VP shunt dan craniectomy dekompresi untuk tumor removal. Pemeriksaan histopatologi menunjukkan sel tumor glial dengan pleomorfisme inti dan mitosis tinggi, sesuai dengan astrocytoma anaplastik. Kasus ini menekankan pentingnya diagnosis dini dan intervensi bedah segera pada tumor otak dengan tanda peningkatan tekanan intrakranial. Pendekatan multidisipliner diperlukan untuk menurunkan mortalitas dan meningkatkan kualitas hidup pasien.

Kata kunci: tumor otak, astrocytoma anaplastic, glioma, kraniektomi dekompresi, VP Shunt

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Tumor otak merupakan salah satu masalah kesehatan serius yang berdampak besar terhadap morbiditas, mortalitas, serta kualitas hidup pasien. Meskipun angka kejadiannya relatif rendah dibandingkan kanker organ lain, tumor otak menempati posisi kritis karena keterlibatannya pada sistem saraf pusat yang memiliki struktur vital dan tidak dapat beregenerasi optimal. Proses neoplastik di otak dapat berasal dari berbagai jaringan, seperti sel glia, meninges, saraf kranialis, atau kelenjar intrakranial, dan bersifat primer maupun sekunder (metastasis). Dalam dua dekade terakhir, pemahaman mengenai tumor otak berkembang pesat, terutama setelah diperkenalkannya pendekatan molekuler dalam klasifikasi WHO, yang memberikan dampak besar terhadap diagnosis, tatalaksana, dan prognosis.

Secara global, insiden tumor otak mencapai sekitar 3,5 per 100.000 penduduk, dengan angka mortalitas 2,6 per 100.000 setiap tahunnya. Angka ini menunjukkan beban kesehatan yang signifikan, terutama pada negara dengan fasilitas neuro-onkologi yang belum merata. Di Indonesia, insiden tumor otak berkisar 2,8–3,2 per 100.000 penduduk, dengan tingkat mortalitas yang hampir sebanding. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar pasien datang dalam kondisi lanjut, sering kali sudah disertai komplikasi peningkatan tekanan intrakranial, gangguan neurologis berat, atau herniasi otak. Keterlambatan diagnosis ini merupakan tantangan besar di layanan kesehatan, terutama karena gejala awal sering kali tidak spesifik, seperti sakit kepala kronis, perubahan perilaku, atau kelemahan anggota gerak.

Dalam konteks klinis, tumor otak memberikan spektrum manifestasi yang luas, tergantung lokasi, ukuran, tingkat keganasan, serta kecepatan tumbuhnya. Tumor yang menyebabkan efek massa besar dapat menimbulkan edema vasogenik, gangguan aliran cairan serebrospinal, dan akhirnya peningkatan tekanan intrakranial (TIK). Peningkatan TIK dapat berujung pada herniasi, kondisi gawat darurat neurologis yang memerlukan intervensi segera. Gejala seperti penurunan kesadaran, muntah proyektil, sakit kepala berat, dan gangguan napas merupakan tanda penting yang harus dikenali sejak awal.

Perkembangan ilmu neuropatologi dan biologi molekuler membawa perubahan besar dalam klasifikasi tumor otak. WHO CNS Classification 2021 menekankan peran biomarker molekuler dalam menentukan diagnosis dan prognosis. Perubahan signifikan meliputi penggunaan mutasi IDH1/2, ko-delesi 1p/19q, status MGMT promoter methylation, mutasi H3, ATRX loss, hingga TERT promoter mutation sebagai indikator penting dalam menentukan tipe tumor, agresivitas, serta pilihan terapi. Penggunaan biomarker ini telah meningkatkan presisi diagnostik dan membantu menentukan strategi terapi yang lebih personal.

Salah satu jenis tumor otak primer yang sering ditemukan adalah glioma, kelompok neoplasma yang berasal dari sel glial. Di antaranya, astrocytoma anaplastik (WHO grade 3) merupakan bentuk glioma derajat tinggi yang memiliki karakter pertumbuhan cepat, infiltratif, serta prognosis yang buruk apabila tidak ditangani dengan optimal. Tumor ini sering menimbulkan gejala progresif seperti hemiparesis, perubahan mental, kejang, dan penurunan tingkat kesadaran. Secara histopatologi, astrocytoma anaplastik ditandai oleh sel glial dengan pleomorfisme inti, peningkatan aktivitas mitosis, serta area nekrosis yang mungkin ditemukan pada stadium lanjut.

Kasus yang disajikan dalam laporan ini menggambarkan perjalanan klinis seorang pasien laki-laki usia 76 tahun dengan gejala penurunan kesadaran, sakit kepala kronis, napas cepat, dan kelemahan anggota gerak kiri. Gambaran CT scan menunjukkan adanya massa intraaksial di regio frontotemporoparietal kanan, disertai edema vasogenik dan herniasi subfalsin 0,85 cm ke kiri, yang menandakan keadaan gawat neurologis akibat peningkatan TIK. Pemeriksaan histopatologi kemudian menegaskan diagnosis astrocytoma anaplastik, WHO grade 3, sesuai dengan gambaran tumor glial yang menunjukkan selularitas tinggi, nukleus pleomorfik, dan aktivitas mitosis intensif.

Manajemen tumor otak, terutama yang menyebabkan peningkatan TIK, menuntut intervensi cepat berupa stabilisasi fungsi vital, manajemen edema serebri, serta tindakan bedah untuk mengurangi efek massa. Pada kasus ini, pasien menjalani prosedur VP shunt untuk menangani hidrosefalus obstruktif, disusul kraniektomi dekompresi dan pengangkatan massa tumor (tumor removal). Tindakan ini bertujuan mengurangi tekanan intrakranial, mengatasi obstruksi aliran CSF, serta memperoleh jaringan untuk analisis patologi.

Di era modern, pendekatan multidisipliner dalam penatalaksanaan tumor otak melibatkan kolaborasi bedah saraf, radiologi, patologi anatomi, onkologi medis, dan rehabilitasi medis. Meskipun terapi bedah tetap menjadi standar utama, keberhasilan pengelolaan tumor otak sangat bergantung pada dukungan terapi adjuvan seperti radioterapi dan kemoterapi, terutama pada tumor derajat tinggi. Pada astrocytoma anaplastik, kombinasi radioterapi dan temozolomide merupakan regimen yang sering digunakan untuk memperpanjang survival.

Kasus ini menjadi representasi penting mengenai bagaimana keterlambatan diagnosis dapat memperburuk kondisi klinis pasien. Kehadiran gejala kronis seperti sakit kepala dan kelemahan anggota gerak seharusnya menjadi tanda awal untuk evaluasi neuroimaging. Dalam banyak situasi, tumor otak sering kali terdiagnosis pada fase lanjut karena keluhan awal dianggap ringan atau disalahartikan sebagai keluhan umum pada usia lanjut.

Pendekatan sistematis dalam mengenali manifestasi klinis, pemeriksaan imaging yang tepat, serta penegakan diagnosis melalui histopatologi menjadi dasar penting dalam manajemen kasus tumor otak. Selain itu, perkembangan teknologi medis dan pemahaman baru mengenai biomarker molekuler menjadi harapan terhadap terapi yang lebih efektif dan personal di masa depan.

METODE

Laporan kasus ini disusun menggunakan desain penelitian deskriptif berbasis studi kasus (case report). Metode ini dipilih untuk menggambarkan secara rinci perjalanan klinis seorang pasien

dengan tumor otak derajat tinggi, mulai dari gejala awal, pemeriksaan penunjang, tatalaksana, hingga hasil patologi anatomi. Data yang digunakan pada laporan ini merupakan data primer yang diperoleh langsung dari rekam medis pasien selama menjalani perawatan di RS Polri Kramat Jati.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, anamnesis dilakukan secara alloanamnesis kepada keluarga pasien mengingat kondisi kesadaran pasien yang sopor. Informasi mengenai onset gejala, riwayat penyakit sebelumnya, riwayat obat, dan progresivitas keluhan dikumpulkan untuk analisis awal. Kedua, pemeriksaan fisik umum dan neurologis dilakukan untuk menilai status vital, tingkat kesadaran, serta defisit neurologis fokal yang mengarah pada dugaan lesi intrakranial.

Data penunjang diperoleh melalui hasil CT scan kepala yang memberikan informasi mengenai lokasi massa intraaksial, karakter radiologis tumor, edema vasogenik, serta tanda herniasi. Pemeriksaan radiologi ini digunakan untuk menyusun diagnosis kerja dan rencana tindakan bedah. Pada tahap operatif, pencatatan prosedur VP shunt dan kraniektomi dekompresi dilakukan secara sistematis, mencakup tahapan teknis, durasi operasi, perdarahan, serta tindakan tumor removal.

Data patologis diperoleh dari sampel jaringan tumor yang dikirim ke bagian Patologi Anatomi untuk pemeriksaan makroskopik dan mikroskopik. Diagnosis histopatologi menjadi dasar penegakan diagnosis definitif sesuai standar emas. Interpretasi PA menggunakan pedoman WHO CNS Tumor Classification 2021.

Tim medis juga melakukan follow-up pascaoperasi untuk mengevaluasi progres klinis, stabilitas hemodinamik, tingkat kesadaran, serta respons terhadap terapi. Semua temuan ditulis dalam format SOAP untuk menjaga konsistensi dan keakuratan dokumentasi.

Seluruh data kemudian dianalisis secara kualitatif menggunakan pendekatan studi kasus untuk menjelaskan hubungan antara temuan klinis, hasil imaging, tindakan pembedahan, dan diagnosis patologis. Hasil analisis ini digunakan untuk menyusun pembahasan dan menarik kesimpulan yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Hasil

Aspek Klinis	Temuan Klinis	Interpretasi
Anamnesis	Pasien mengalami penurunan kesadaran sejak 1 hari SMRS, keluhan nyeri kepala.	Menunjukkan adanya gangguan fungsi serebral difus atau peningkatan tekanan intrakranial (TIK) akibat massa intrakranial.
Pemeriksaan Fisik	Kesadaran sopor, GCS E2M5V4 dan kelemahan anggota gerak sisi kiri,	- Fungsi kortikal dan kesadaran menurun akibat gangguan struktur otak. - Kelemahan

		anggota gerak sisi kiri (hemiparesis sinistra) mengarah pada lesi di hemisfer kanan otak, khususnya area lobus frontal atau parietal yang mengatur fungsi motorik.
Pemeriksaan Penunjang	CT Scan Kepala Kesan : Massa intraaksial di lobus frontotemporoparietal kanan disertai edema vasogenik disekitarnya yang menyempitkan ventrikel lateralis kanan, dan menyebabkan herniasi subfalcine sejauh 0,85 cm ke sisi kiri.	Temuan ini mengindikasikan efek massa yang berat akibat tumor otak, yang telah menyebabkan pergeseran struktur otak dan peningkatan tekanan intrakranial signifikan.
Temuan Operatif	Hidrosefalus Obstruksi dan Astrositoma Frontotemporal Kanan Grade 3, dilakukan VP Shunt dan Cranektomy tumor Removal	Kondisi tersebut bersifat gawat neurologis dan memerlukan intervensi segera berupa manajemen tekanan intrakranial serta evaluasi bedah saraf untuk dekompresi dan diagnosis definitif.
Penagakan Diagnosis	Konfirmasi patologi anatomi, Astrocytoma anaplastic, WHO grade 3.	Patologi Anatomi (PA) atau histopatologi adalah standar emas (gold standard) untuk

		menegakkan diagnosis pasti tumor otak.
--	--	--

Kasus seorang laki-laki berusia 76 tahun dengan penurunan kesadaran akut yang didahului sakit kepala kronis dan kelemahan anggota gerak kiri memberikan ilustrasi klinis yang representatif mengenai progresi tumor otak primer derajat tinggi. Kombinasi gejala tersebut mengindikasikan adanya proses patologis intrakranial yang berlangsung kronis sebelum bertransformasi menjadi keadaan neurologis gawat darurat. Dalam konteks neuroonkologi, pola ini lazim pada glioma derajat tinggi yang menunjukkan pertumbuhan infiltratif, edema vasogenik luas, dan efek massa signifikan yang pada akhirnya menyebabkan gangguan kesadaran dan risiko herniasi. Pembahasan ini menempatkan temuan-temuan klinis, radiologis, intraoperatif, dan histopatologis dalam kerangka literatur global mengenai glioma anaplastik guna menjelaskan korelasi patofisiologis dan rasionalisasi penatalaksanaan yang dilakukan.

Secara klinis, pasien berada pada kondisi sopor (GCS E2M5V4) saat masuk rumah sakit. Penurunan kesadaran pada glioma derajat tinggi umumnya merupakan hasil dari kombinasi peningkatan tekanan intrakranial, disfungsi hemisfer dominan atau non-dominan akibat infiltrasi tumor, serta edema vasogenik yang menyebabkan kompresi struktur subkortikal. Berbagai studi menunjukkan bahwa penurunan kesadaran merupakan salah satu prediktor mortalitas yang paling kuat pada pasien dengan glioma derajat tinggi, terutama pada individu usia lanjut yang memiliki cadangan serebral lebih rendah. Dalam kasus ini, gejala respirasi seperti napas cepat dan suara groaning mencerminkan gangguan refleks proteksi jalan napas dan kemungkinan keterlibatan pusat respirasi sekunder akibat peningkatan tekanan intrakranial.

Keluhan sakit kepala yang berlangsung selama beberapa bulan sebelum kejadian akut merupakan gambaran klinis yang konsisten dengan progresi tumor supratentorial. Mekanisme terjadinya sakit kepala pada tumor otak dikaitkan dengan distensi struktur sensitif nyeri seperti dura mater, pembuluh darah intrakranial, serta tekanan pada sinus venosus. Sedangkan keluhan kelemahan anggota gerak kiri merupakan manifestasi dari keterlibatan korteks motorik pada hemisfer kanan, yang sesuai dengan lokasi massa pada pemeriksaan radiologi. Hal ini memperkuat korelasi anatomi-fungsi antara lesi frontoparietal kanan dan hemiparesis kontralateral.

Hasil CT-scan kepala memberikan gambaran diagnostik yang jelas mengenai etiologi neurologis pasien. Massa intraaksial lobus frontotemporoparietal kanan dengan edema vasogenik luas menunjukkan karakteristik radiologis glioma anaplastik atau glioblastoma. Edema vasogenik merupakan fenomena umum pada glioma derajat tinggi akibat disrupsi sawar darah otak melalui mekanisme angiogenesis patologis. Kondisi ini memicu kebocoran plasma ke ruang ekstraseluler, meningkatkan volume jaringan otak, dan memperburuk efek massa. Penyempitan ventrikel lateralis kanan serta herniasi subfalsin sebesar 0,85 cm ke kiri merupakan temuan radiologis yang memiliki implikasi klinis serius karena dapat mengganggu perfusi anterior serebral, meningkatkan risiko infark, dan menyebabkan deteriorasi neurologis cepat.

Herniasi subfalsin pada pasien ini merupakan indikasi bedah segera, sebagaimana direkomendasikan oleh pedoman neurotrauma dan neurooncology internasional. Ketika struktur midline terdorong ke sisi berlawanan, arteri serebri anterior dapat mengalami kompresi, menyebabkan hipoperfusi pada lobus frontal medial. Dampak akhirnya dapat berupa penurunan kesadaran progresif, perubahan perilaku, serta defisit motorik bilateral. Dalam kasus ini, keputusan untuk melakukan intervensi bedah dekompresi merupakan langkah yang tepat dan sejalan dengan prinsip penyelamatan fungsi neurologis.

Tindakan pemasangan VP shunt dilakukan terlebih dahulu untuk mengatasi hidrosefalus obstruktif yang terlihat pada CT-scan. Secara fisiologis, edema luas dan tekanan massa tumor dapat menyumbat jalur aliran CSF, terutama pada regio foramina Monro dan ventrikel lateral, sehingga menyebabkan akumulasi cairan serebrospinal. Dalam pendekatan neurosurgical modern, stabilisasi tekanan intrakranial melalui drainage CSF merupakan strategi yang penting sebelum melakukan kraniektomi besar. Hal ini juga membantu meningkatkan perfusi otak dan menyediakan kondisi yang lebih stabil selama tindakan pengangkatan tumor.

Operasi kraniektomi dekompresi yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi efek massa secara signifikan. Dalam konteks tumor otak primer besar dengan edema luas, kraniektomi lebih efektif dibandingkan kraniotomi biasa karena memberikan ruang ekspansi bagi jaringan otak yang mengalami pembengkakan pascaoperasi. Temuan intraoperatif berupa massa berwarna kuning abu-abu, padat, dan hipervaskuler menunjukkan ciri khas glioma anaplastik, yang biasanya memiliki batas tidak tegas akibat sifat infiltratifnya. Hal ini menjelaskan mengapa pengangkatan tumor hanya dapat dilakukan sekitar 75%, karena melakukan reseksi radikal dapat merusak jaringan fungsional di sekitarnya dan memperburuk defisit neurologis pascaoperasi.

Konsep maximal safe resection merupakan prinsip yang digunakan dalam penatalaksanaan glioma derajat tinggi. Literatur menunjukkan bahwa walaupun pengangkatan total jarang dapat dicapai, reseksi lebih dari 70% massa tumor dapat memberikan manfaat klinis berupa penurunan tekanan intrakranial, perbaikan gejala, dan peningkatan efektivitas terapi adjuvan seperti radioterapi dan kemoterapi. Namun, pada pasien usia lanjut dengan komorbid, tingkat keselamatan neurologis menjadi prioritas, sehingga pengangkatan parsial merupakan pilihan yang realistis.

Hasil pemeriksaan patologi anatomi mengonfirmasi diagnosis astrocytoma anaplastik. Gambaran histologis mencakup kepadatan sel tinggi, pleomorfisme inti, hiperkromasia, mitosis aktif (8/10 LPB), serta area nekrosis kecil. Dalam klasifikasi WHO 2021, glioma seharusnya diklasifikasikan berdasarkan profil molekuler untuk menentukan apakah tumor merupakan astrocytoma IDH-mutant atau glioblastoma IDH-wildtype. Namun dalam banyak kasus di fasilitas terbatas, diagnosis masih mengandalkan pemeriksaan histopatologi klasik. Berdasarkan gambaran histologis murni, tumor ini memenuhi kriteria WHO grade 3.

Pascaoperasi, kondisi klinis pasien menunjukkan perbaikan bertahap. Skor GCS meningkat pada hari pertama pascaoperasi, mencerminkan keberhasilan dekompresi dalam mengurangi tekanan intrakranial. Pada hari ketiga, tanda vital stabil dan pasien mulai dilakukan weaning dari ventilator, menandakan bahwa pusat pernapasan telah pulih sebagian. Pada hari ketujuh, meskipun skor verbal masih rendah, pasien telah menunjukkan peningkatan motorik dan mampu memulai mobilisasi ringan. Perbaikan semacam ini lazim terjadi pada minggu pertama setelah penurunan tekanan intrakranial, namun bukan jaminan terhadap hasil jangka panjang.

Prognosis pada glioma derajat tinggi sangat dipengaruhi oleh usia, status fungsional, lokasi tumor, serta luas reseksi. Pada usia lanjut, median survival pasien astrocytoma anaplastik biasanya lebih pendek dibandingkan kelompok usia muda karena adanya keterbatasan fisiologis dan lebih sedikitnya pilihan terapi yang dapat diberikan. Tanpa terapi adjuvan yang optimal, angka ketahanan hidup umumnya berada di bawah satu tahun. Dalam kasus ini, prognosis ditegakkan sebagai dubia ad malam untuk seluruh aspek vitae, functionam, dan sanationam karena kondisi awal pasien yang sudah berat, usia lanjut, dan keterbatasan penerapan terapi multimodal.

Dalam literatur modern, penatalaksanaan glioma derajat tinggi mencakup kombinasi antara reseksi bedah, radioterapi 60 Gy, dan kemoterapi temozolomide. Namun, terapi multimodal ini hanya direkomendasikan untuk pasien dengan status fungsional baik. Pada pasien dengan GCS rendah atau komorbid signifikan, pemberian radioterapi dosis penuh tidak disarankan karena risiko memperburuk kondisi sistemik. Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam kasus ini, yaitu fokus pada tindakan penyelamatan nyawa dan stabilisasi neurologis melalui pembedahan, telah sesuai dengan prinsip etis dan klinis yang berlaku.

Dari keseluruhan perjalanan kasus ini, terlihat bahwa faktor keterlambatan diagnosis memiliki dampak besar terhadap hasil klinis. Sakit kepala kronis pada lansia sering kali tidak segera diperiksa dengan neuroimaging, sehingga diagnosis tumor otak tertunda hingga tahap di mana sudah terjadi herniasi. Hal ini menunjukkan pentingnya edukasi masyarakat dan praktisi medis mengenai red flags dari nyeri kepala, terutama bila disertai defisit neurologis fokal. Penanganan yang lebih dini dapat memungkinkan tumor diidentifikasi sebelum terjadi edema luas, sehingga reseksi dapat dilakukan dalam kondisi fisiologis yang lebih stabil dan peluang terapi adjuvan menjadi lebih besar.

Dengan demikian, pembahasan kasus ini menegaskan bahwa astrocytoma anaplastik pada usia lanjut adalah kondisi neurologis yang agresif dan memerlukan intervensi bedah segera untuk mencegah kematian akibat herniasi. Walaupun tindakan pembedahan memberikan perbaikan neurologis jangka pendek, faktor usia dan kondisi awal membuat prognosis jangka panjang tetap

buruk. Temuan dalam kasus ini sejalan dengan berbagai laporan internasional mengenai glioma derajat tinggi pada populasi geriatri.

KESIMPULAN

Tumor otak merupakan kondisi neoplastik yang mengancam fungsi neurologis dan kehidupan pasien akibat efek massa, edema vasogenik dan potensi peningkatan tekanan intrakranial. Kasus pasien laki-laki usia 76 tahun menunjukkan gejala klinis khas berupa penurunan kesadaran, sakit kepala kronis dan hemiparesis yang didukung oleh temuan imaging berupa massa intraaksial frontotemporoparietal kanan dengan herniasi subfalsin. Pemeriksaan histopatologi mengonfirmasi astrocytoma anaplastik (WHO grade 3), suatu glioma derajat tinggi dengan pertumbuhan agresif.

Tatalaksana segera berupa VP-shunt dan kraniektomi dekompresi terbukti penting dalam menangani hidrosefalus obstruktif dan menurunkan tekanan intrakranial. Kasus ini menunjukkan bahwa diagnosis dini neuroimaging yang tepat serta intervensi bedah yang cepat merupakan faktor penentu dalam perbaikan kondisi klinis dan pencegahan perburukan neurologis. Dengan kemajuan teknologi dan penanganan secara presisi prognosis tumor otak derajat tinggi tetap buruk, terutama pada pasien usia lanjut dengan kondisi klinis berat.

REFERENSI

- Adams, R.D., Victor, M. and Ropper, A.H., 2021. *Adams and Victor's Principles of Neurology*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Ahlbom, A., Feychting, M. and Schüz, J., 2024. Mobile phone use and brain tumour risk: findings from prospective cohort studies. *Environment International*, 187, p.108050.
- Bilski, M., Nowak, A., Walaszek, K., and Furtak, J., 2025. Real-world survival outcomes and prognostic biomarkers in WHO 2021 gliomas. *Scientific Reports*, 15(1), pp.1–12.
- Bouget D, Pedersen A, Jakola AS, Kavouridis V, Emblem KE, Eijgelaar RS, Kommers I, Ardon H, Barkhof F, Bello L, Berger MS, Conti Nibali M, Furtner J, Hervey-Jumper S, Idema AJS, Kiesel B, Kloet A, Mandonnet E, Müller DMJ, Robe PA, Rossi M, Sciortino T, Van den Brink WA, Wagemakers M, Widhalm G, Witte MG, Zwinderman AH, De Witt Hamer PC, Solheim O and Reinertsen I (2022) Preoperative Brain Tumor Imaging: Models and Software for Segmentation and Standardized Reporting. *Front. Neurol.* 13:932219. doi: 10.3389/fneur.2022.932219
- Bray, F., Sung, H. and Ferlay, J., 2024. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates and trends of cancer burden worldwide. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3), pp.187–210.
- Duus, P., 2019. *Topical Diagnosis in Neurology*. 6th ed. Stuttgart: Thieme Media.
- GCO (Global Cancer Observatory), 2021. *Cancer Today: Data for Brain and CNS Cancer*. International Agency for Research on Cancer. Available at: <https://gco.iarc.fr/> (Accessed 2 November 2025).
- Gilbert, M.R. et al., 2014. A randomized trial of bevacizumab for newly diagnosed glioblastoma. *New England Journal of Medicine*, 370, pp.699–708.
- Greenberg, M. S. (2020). Handbook of Neurosurgery (10th ed., Bab 35: Tumor Classification and General Information, pp. 616–631).
- Holland, E.C., 2021. Molecular targeting in glioblastoma: opportunities and challenges. *Nature Reviews Neurology*, 17, pp.697–709.
- Kurokawa, R., Oishi, A. and Tanaka, Y., 2022. Radiologic correlates of the 2021 WHO CNS tumor classification: major changes and practical points. *RadioGraphics*, 42(7), pp.1923–1940.
- Longo, D.L., 2022. Primary and metastatic tumours of the nervous system. In: *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 21st ed. New York: McGraw-Hill Education, pp. 3800–3819.
- Louis, D.N., Perry, A., Wesseling, P., Brat, D.J., Cree, I.A. et al., 2021. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Neuro-Oncology*, 23(8), pp.1231–1251.
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN), 2024. CNS Cancers – NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. Version 1.2024. Available at: <https://www.nccn.org>

- Sengupta, S., et al. (2019). "Molecular biomarkers in brain tumors." *Journal of Neuro-Oncology*, 142(3), 531–546.
- Sipos, D., Horvat, M., and Goluža, E., 2025. Glioblastoma: clinical presentation, multidisciplinary management, and future perspectives. *Cancers*, 17(2), pp.230–248.
- Stupp, R. et al., 2005. Radiotherapy plus concomitant and adjuvant temozolomide for glioblastoma. *New England Journal of Medicine*, 352, pp.987–996.
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A. and Bray, F., 2021. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), pp.209–249.
- Tabouret, E. et al., 2020. Recent developments in immunotherapy for glioblastoma. *Neuro-Oncology Advances*, 2(1), pp.1–10.
- Talapko, J., Škrlec, I., Bukovski, P. and Šušak, B., 2024. Health effects of ionizing radiation exposure: cancer risks including central nervous system tumors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(5), pp.1–15.
- Torp, S.H., 2022. Major updates in the WHO 2021 classification of CNS tumors: a practical overview. *Acta Neurologica Scandinavica*, 146(1), pp.14–25.
- Weller, M. et al., 2021. EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. *The Lancet Oncology*, 22(4), pp.e317–e329.
- Wen, P.Y., 2022. Diagnosis and management of primary brain tumors. *Harrison's Principles of Internal Medicine*, 21st ed. McGraw-Hill Education.
- WHO, 2024. Radiofrequency electromagnetic fields and health: updated scientific review. *World Health Organization Media Release*. Available at: <https://www.who.int> (Accessed 2 November 2025).
- World Health Organization Classification of Tumours Editorial Board. (2021). Central Nervous System Tumours (WHO Classification of Tumours Series, Volume 6). IARC.
- Youmans & Winn Neurological Surgery, 8th ed. Elsevier; 2020.