

PENELITIAN ORIGINAL

DIFERENSIASI RADIOLOGIS TUMOR PRIMER UMUM SEREBELUM DAN VENTRIKEL KEEMPAT MENGGUNAKAN FITUR CT DAN MRI: STUDI PUSAT TUNGGAL SELAMA 7 TAHUN

D. Andriawan¹, N.H Setyawan¹, D.P Dharma¹, A. Ekowati¹
Departemen Radiologi, RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, Indonesia¹

PENDAHULUAN

Dengan tingkat kejadian tahunan sebesar 7 per 100.000 pada populasi dewasa dan 6,2 per 100.000 populasi anak, tumor otak tetap menjadi beban yang signifikan pada kesehatan individu dan sistem perawatan kesehatan masyarakat, dengan pasien yang didiagnosis dengan tumor otak ganas menunjukkan tingkat kelangsungan hidup lima tahun sekitar 35%^{1,2}. Tumor otak di fosa posterior dapat terjadi pada pasien dari segala usia, namun menyumbangkan mayoritas kejadian neoplasma intrakranial pada populasi anak dan dewasa muda^{3,4}. Pasien dengan tumor di serebelum dan ventrikel keempat sering datang ke unit gawat darurat dengan tanda peningkatan tekanan intrakranial, penurunan kesadaran, kelumpuhan saraf, dan bahkan kejang^{5,6}. Penanganan kasusnya menimbulkan tantangan yang signifikan karena lokasinya di dalam kompartemen terbatas yang berdekatan dengan struktur penting neurovaskular dan batang otak⁷.

Pencitraan memegang peranan penting terutama untuk diagnosis dini, perencanaan pengobatan, dan prediksi prognosis. Tumor primer di area ini memiliki beberapa diferensial umum, termasuk astrositoma pilositik, ependimoma, meduloblastoma, dan hemangioblastoma^{8,9}. Meski MRI dengan kontras sering kali menjadi modalitas pencitraan yang direkomendasikan, MRI sering kali tidak tersedia. Kami mengobservasi dan menganalisis temuan CT dan MRI yang mungkin berguna untuk membedakan antara jenis tumor ini.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki beberapa fitur CT dan MRI yang dapat digunakan untuk membedakan antara tumor primer umum di ventrikel keempat dan serebelum.

METODE

Studi retrospektif analitik observasional dari *database* PACS RSUP Dr. Sardjito.

Seleksi sampel

Sampel penelitian adalah pasien yang dirawat di RSUP Dr. Sardjito tahun 2017-2024 dengan suspek massa intrakranial dan telah menjalani pemeriksaan CT *scan* dan MRI kepala. Sampel dipilih dengan teknik pengambilan sampel secara konsekutif. Hanya pasien dengan diagnosis histopatologi yang sudah tegak: (1) astrositoma derajat rendah (pilositik), (2) ependimoma, (3) meduloblastoma atau (4) hemangioblastoma

yang berlokasi di serebelum atau ventrikel keempat yang akan dimasukkan kedalam sampel penelitian Pasien dengan keganasan primer lain yang diketahui akan dikecualikan. Citra CT dan / atau MRI sebelum terapi dikumpulkan secara retrospektif.

Akuisisi citra CT dan MRI

Akuisisi citra dilakukan menggunakan dua mesin CT: 64-*slice* dan 128-*slice* dan dua mesin MRI: MRI 1,5T (Phillips MRI Multiva 1,5 Tesla, Philips) dan MRI 3T (Siemens Magnetom Skyra, Siemens).

Analisis citra CT dan MRI

Analisis citra dilakukan oleh seorang residen radiologi senior (DA), dengan pengalaman 2,5 tahun dalam menginterpretasi citra CT dan MRI kepala, menggunakan perangkat lunak Horos DICOM viewer (versi 3.3.6) pada komputer *workstation* di rumah sakit kami. Pembaca tidak mengetahui hasil histopatologi. Seluruh proses dilakukan di bawah pengawasan langsung seorang spesialis radiologi (NH), yang memiliki minat khusus dalam neuroradiologi dan memiliki pengalaman 8 tahun dalam menginterpretasi studi CT dan MRI kepala. Temuan pencitraan kemudian dibandingkan dengan hasil histopatologi untuk korelasi.

Citra CT dan MRI dianalisis untuk fitur-fitur berikut: lokasi tumor (sentral/*midline* vs. eksentrik/perifer); adanya halo berbatas tegas dengan densitas CSF (CT) / intensitas (MRI) di sekitar lesi; penyempitan dan/atau perpindahan ventrikel keempat yang dapat diamati; densitas pada citra CT dan/atau intensitas sinyal pada citra MRI; apakah massa tersebut sebagian besar solid atau kistik; adanya kalsifikasi, perdarahan; dan karakteristik difusi, termasuk nilai rata-rata *apparent diffusion coefficient* (ADC). Jika ada, temuan tambahan seperti perluasan tumor juga dicatat.

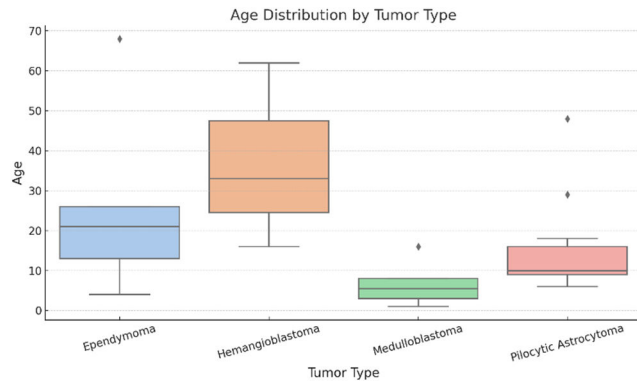
Analisis statistik

Variabel kontinu (usia, rerata Hounsfield Unit pada CT, rerata ADC) dibandingkan antar kelompok menggunakan ANOVA satu arah atau uji Kruskal-Wallis. Jika terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$), analisis post-hoc berpasangan akan dilakukan. Variabel kategorik (komponen solid/kistik, lokasi tumor) dianalisis menggunakan uji *Chi-square* atau *Fisher's exact*, dengan analisis post-hoc dengan Bonferroni berpasangan untuk hasil signifikan. Semua variabel lainnya akan dianalisis menggunakan statistik deskriptif (proporsi untuk variabel kategorik dan rerata $\pm$ standar deviasi untuk variabel kontinu).

HASIL

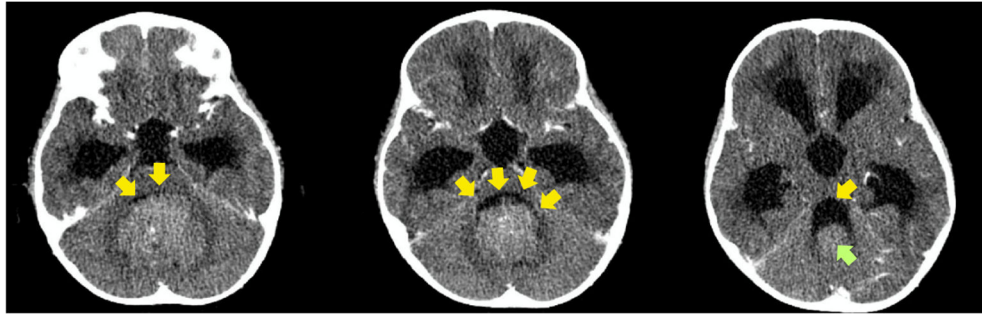
Dari 118 pasien yang memenuhi kriteria inklusi, 82 pasien dikeluarkan karena tidak adanya hasil histopatologi, dan 5 pasien dikeluarkan karena tidak ada pencitraan yang diambil sebelum terapi. Sampel akhir terdiri dari 31 pasien (20 citra CT dan 21 citra MRI). Dalam studi ini terdapat 10 kasus meduloblastoma, 5 ependimoma, 13 astrositoma pilositik, dan 3 hemangioblastoma. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak Jamovi.

Terdapat perbedaan signifikan antara rerata usia di semua kelompok tumor ($P=0,0037$) dengan analisis post-hoc yang menunjukkan perbedaan signifikan antara meduloblastoma vs ependyoma ($P=0.032$) dan hemangioblastoma vs meduloblastoma ($P=0.005$). Gambar 1 menunjukkan diagram kotak yang mengilustrasikan distribusi rerata usia di seluruh kelompok tumor.

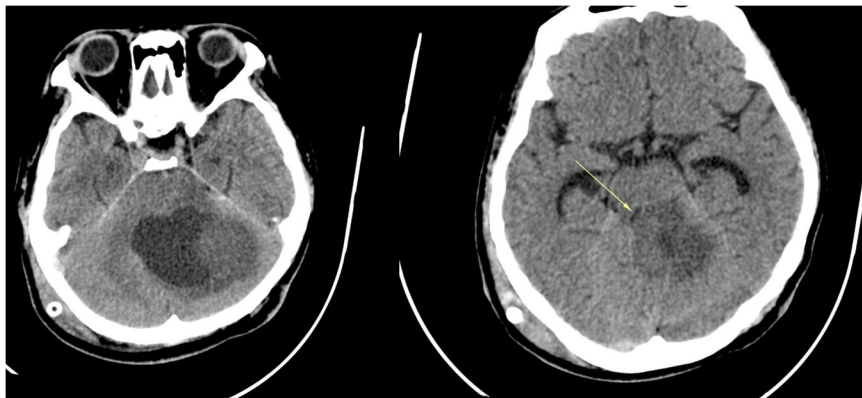


Gambar 1. Distribusi rerata usia di seluruh kelompok tumor.

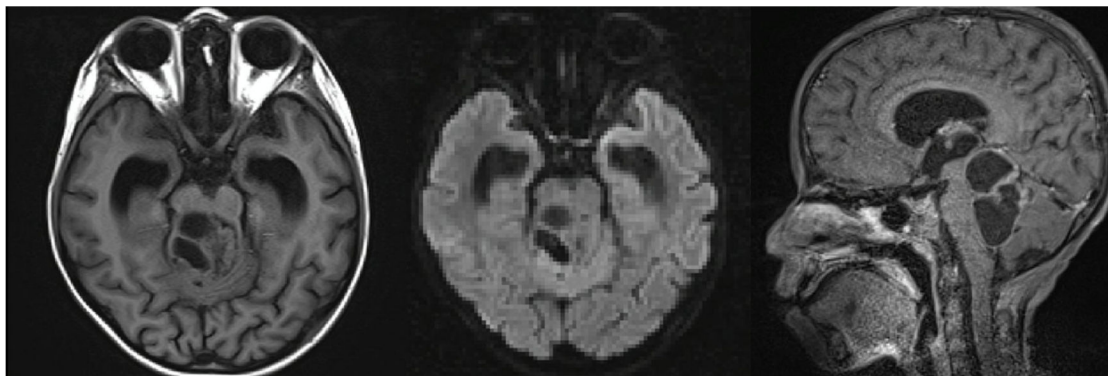
Perbedaan signifikan lokasi tumor diamati di seluruh kelompok tumor ($P < 0.001$). Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara lokasi ependimoma dan meduloblastoma ($P = 0.444$), dengan keduanya sebagian besar terdapat di lokasi sentral. Demikian pula, tidak terdapat perbedaan signifikan antara lokasi hemangioblastoma dan astrositoma pilositik ($P = 0.242$) yang keduanya lebih sering terletak di perifer. Semua ependimoma dan mayoritas meduloblastoma (90%) muncul sebagai massa di *midline* atau yang terletak di sentral dan umumnya menunjukkan halo peritumoral berbatas tegas dengan densitas CSF (Gbr. 2). Sebaliknya, 77% astrositoma pilositik dan semua hemangioblastoma terletak secara eksentrik, menyebabkan penyempitan dan perpindahan ventrikel keempat (Gbr. 3). Tiga (23%) astrositoma pilositik terletak di sentral (Gbr. 4). Halo peritumoral berbatas tegas terdapat pada sebagian besar (82%) tumor yang terletak di sentral tetapi tidak ada pada semua tumor serebelum yang terletak di perifer. Medulloblastoma umumnya muncul sebagai massa hiperdens dengan restriksi difusi yang kuat dibandingkan dengan jenis tumor lainnya (Gbr. 5). Terdapat perbedaan signifikan pada densitas CT dan nilai rerata *apparent diffusion coefficient* (ADC) antara meduloblastoma dan jenis tumor lainnya. Uji post-hoc tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam rerata densitas antara ependimoma dan astrositoma pilositik ($P=0.14$). Medulloblastoma memiliki nilai densitas rerata lebih tinggi sebesar 41.4 ± 2.1 HU dibandingkan tumor lain pada CT non-kontras ($P < 0.0001$) dan rerata ADC yang lebih rendah (0.65 ± 0.02) dibandingkan dengan ependimoma, astrositoma pilositik, dan hemangioblastoma (masing-masing 1.30 ± 0.06 , 1.53 ± 0.12 , 1.66 ± 0.05 , $P < 0.0001$). Uji *Fischer's exact* dengan analisis post-hoc menunjukkan perbedaan signifikan pada komponen kistik antara ependimoma vs. astrositoma pilositik ($P=0.004$) dan meduloblastoma vs. astrositoma pilositik. ($P=0.003$). Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara ependimoma vs. meduloblastoma dan hemangioblastoma vs. astrositoma pilositik mengenai komponen tumor. Ependimoma menunjukkan lebih banyak kalsifikasi dan perdarahan dibandingkan tumor lain. Baik astrositoma pilositik maupun hemangioblastoma menunjukkan restriksi difusi minimal atau tidak ada. Sebanyak 46% astrositoma pilositik dan semua hemangioblastoma menunjukkan penyangatan kuat pada komponen solid. Penyangatan tepi kistik diamati pada 6 kasus (66%) astrositoma pilositik dan tidak ada pada 3 kasus hemangioblastoma (Gbr. 6). Selain itu, *flow void* yang prominen juga terlihat pada ketiga kasus hemangioblastoma (Gbr. 7). Karakteristik dasar pasien, bersama dengan temuan CT dan MRI untuk setiap jenis tumor disajikan dalam Tabel 1.



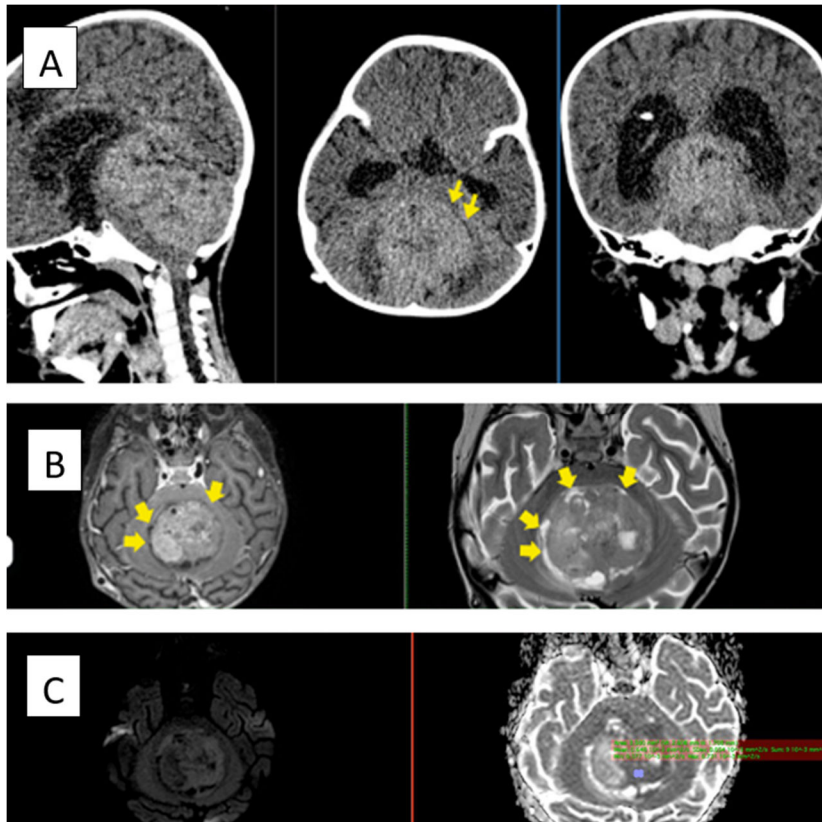
Gambar 2. Citra CT pasca-kontras pada seorang laki-laki berusia 6 tahun dengan meduloblastoma menunjukkan massa di midline yang dikelilingi oleh halo peritumoral berbatas tegas dengan densitas cairan serebrospinal (CSF), yang menjadi lebih jelas saat citra di *scroll* (panah kuning). Pada *level* ventrikel lateral, halo CSF ini sesuai dengan ventrikel keempat yang membesar, dengan massa yang menempati bagian posteriornya (panah hijau).



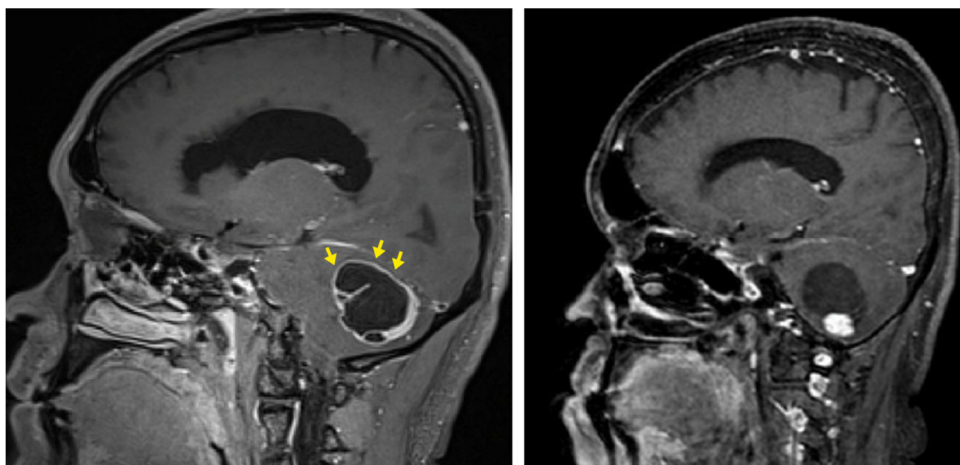
Gambar 3. Citra CT yang menampilkan fitur klasik astrositoma pilositik pada laki-laki berusia 18 tahun. Massa yang sebagian besar kistik dengan nodul mural iso-hipodens. Komponen solid terletak secara eksentrik. Tumor muncul dari hemisfer serebelum kiri dan menyebabkan penyempitan dan perpindahan ventrikel keempat (panah kuning). Tidak terlihat halo peritumoral yang jelas.



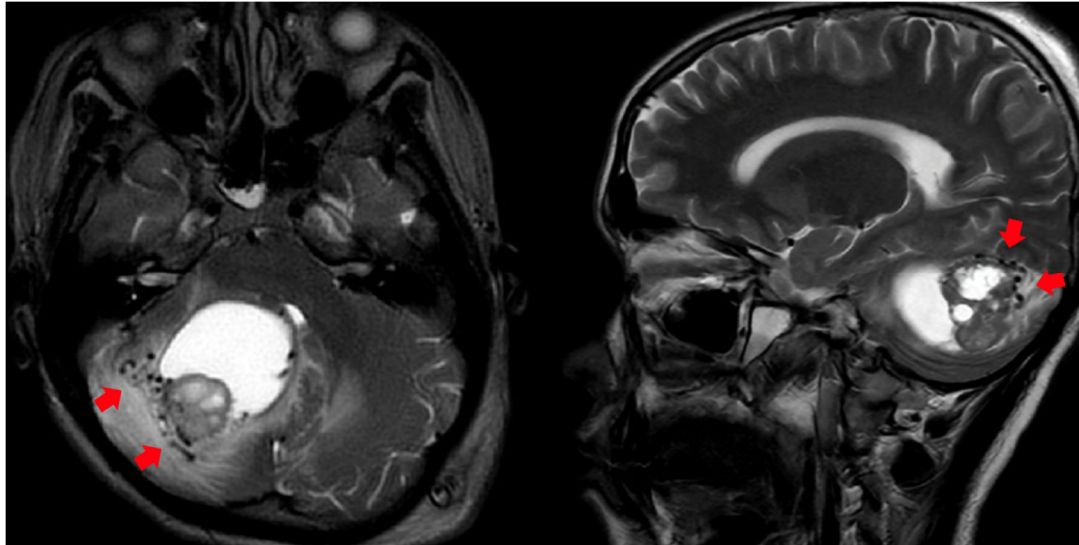
Gambar 4. Seorang perempuan berusia 8 tahun dengan astrositoma pilositik intraventrikuler di *midline*. MRI T1W (kiri), DWI (tengah) dan T1-CE (kanan) yang menunjukkan massa dominan kistik. Terlihat halo peritumoral kecil dan penyangatan tepi bagian kistik.



Gambar 5. Citra CT (A) dan MRI (B) aksial otak pada anak perempuan berusia 5 tahun dengan medulloblastoma yang terkonfirmasi secara histopatologis. Citra CT dan MRI menunjukkan massa solid yang relatif hiperdens yang berpusat di *midline*. Lesi muncul dari vermis serebelum, meluas ke dalam dan memperlebar ventrikel keempat. Halo peritumoral terlihat jelas (panah kuning). DWI dan map ADC yang sesuai (C) menunjukkan restriksi difusi dengan rerata ADC $0.61 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.



Gambar 6. (Kiri) Wanita berusia 48 tahun dengan astrositoma pilositik serebelum dan (kanan) wanita berusia 62 tahun dengan hemangioblastoma serebelum yang menunjukkan massa dominan kistik dengan komponen solid yang menyangat kuat. Perhatikan penyangatan tepi di sepanjang bagian kistik astrositoma pilositik (panah kuning di kiri)



Gambar 7. Seorang perempuan berusia 16 tahun dengan hemangioblastoma serebelum. Citra MRI T2W aksial dan sagital menunjukkan massa dominan kistik terletak di hemisfer serebelum kanan. *Flow-void* prominen terlihat di sekitar komponen solid lesi (panah merah).

Tabel 1. Karakteristik dasar beserta fitur pencitraan.

Karakteristik dasar	MB (n=10)	Ependimoma (n=5)	PA (n=13)	HB (n=3)	P
Usia (tahun)	6.0 ± 4.6	26.4 ± 22.3	14.8 ± 11.2	37.0 ± 23.5	0.0016*
Fitur pencitraan	MB (n=10)	Ependimoma (n=5)	PA (n=13)	HB (n=3)	
Lokasi - sentral (%)	9 (90)	5 (100)	3 (23)	0 (0)	<0.001*
Halo peritumoral tegas (%)	7 (70)	4 (80)	3 (23)	0 (0)	
Morfologi dominan padat (%)	7 (70)	4 (80)	2 (15)	1 (33)	0.0037*
Kalsifikasi (%)	2 (20)	3 (60)	3 (23)	0 (0)	
Perdarahan (%)	5 (50)	4 (80)	2 (15)	0 (0)	
Penyangatan kuat (%)	0 (0)	0 (0)	6 (46)	3 (100)	
Penyangatan sedang (%)	10 (100)	4 (80)	4 (31)	0 (0)	
Penyangatan minimal (%)	0 (0)	1 (20)	3 (23)	0 (0)	
Fitur spesifik CT	MB (n=9)	Ependimoma (n=3)	PA (n=9)	HB (n=0)	
Densitas pada non-kontras	41.4 ± 2.1	31.0 ± 4.4	24.0 ± 8.5	-	<0.0001*

Fitur spesifik MRI	MB (n=5)	Ependimoma (n=3)	PA (n=9)	HB (n=3)	
T1 iso-iyointens (%)	5 (100)	3 (100)	9 (100)	3 (100)	
T2 hiperintens (%)	3 (60)	1 (33)	7 (77)	2 (66)	
Rerata ADC	0.65 ± 0.02	1.30 ± 0.06	1.53 ± 0.12	1.66 ± 0.05	<0.0001*
Flow-voids peritumoral (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (100)	
Penyangatan tepi kistik (%)	0 (0)	0 (0)	6 (66)	0 (0)	
Temuan tambahan	MB (n=10)	Ependimoma (n=5)	PA (n=13)	HB (n=3)	
Ekstensi melalui foramina (%)	0 (0)	2 (40)	0 (0)	0 (0)	

MB = medulloblastoma, PA = pilocytic astrocytoma, HB = hemangioblastoma

* Kelompok MB secara signifikan lebih muda dibandingkan ependimoma dan HB

* MB dan ependimoma sebagian besar terletak di midline / sentral

* PA dan HB sebagian besar eksentrik

* Astrositoma pilositik menunjukkan predominansi komponen kistik lebih banyak dibandingkan MB dan ependymoma

* Densitas dalam Satuan Hounsfield (HU)

* Pada CT non-kontras, MB secara signifikan lebih padat (hiperdens) dibandingkan semua tumor lainnya

* Nilai rerata ADC dalam 10⁻³ mm² /s

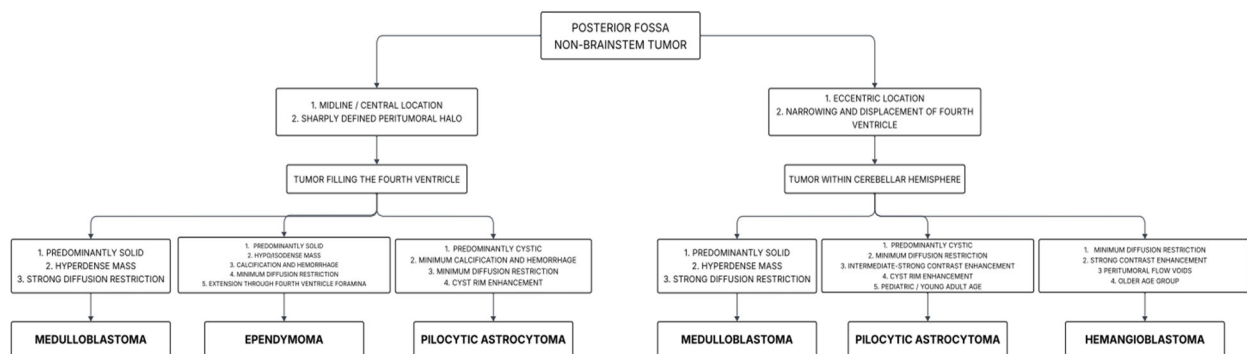
* MB memiliki nilai ADC yang jauh lebih rendah dibandingkan semua tumor lainnya

DISKUSI

Tumor ventrikel keempat dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: tumor yang berasal dari dalam rongga ventrikel (subependimoma, ependimoma, papiloma koroid) dan tumor yang muncul di luar rongga ventrikel tetapi masuk ke dalam ruang intraventrikular (astrocitoma dan meduloblastoma)¹⁰. Ependimoma dan meduloblastoma adalah tumor fosa posterior yang paling umum pada anak dan dewasa muda, dan mereka sering mengisi rongga ventrikel keempat¹¹. Ependimoma berasal dari dinding ventrikel keempat. Meduloblastoma biasanya muncul dari vermis serebelum di *midline* dan sering meluas ke ventrikel keempat. Ketika lesi sepenuhnya terletak di dalam ventrikel keempat, ini memberikan tampilan halo yang tegas, yang merupakan lapisan tipis cairan serebrospinal antara massa dengan dinding ventrikel yang melebar. Namun, jika lesi berasal dari vermis atau meluas ke cisterna magna, halo CSF posterior ini terganggu. Dalam kasus seperti itu, halo posterior yang lebih tidak teratur dan tidak berada di tengah terlihat, dibentuk oleh celah CSF yang menyempit antara bagian belakang tumor dan permukaan bagian dalam hemisfer serebelum¹². Lokasi tumor di *midline*/sentral, adanya halo tegas, dan tidak terlihatnya ventrikel keempat dapat membantu dalam membedakan tumor yang lebih sering meluas ke ventrikel keempat, seperti meduloblastoma dan ependimoma. Spesialis radiologi harus menafsirkan dengan hati-hati apakah struktur peritumoral merupakan pembesaran ventrikel keempat atau komponen tumor kistik..

Baik ependimoma maupun meduloblastoma sebagian besar tampak sebagai massa solid dengan komponen kistik. Hemangioblastoma memiliki tampilan yang bervariasi, mulai dari yang sebagian besar kistik atau solid. Sebaliknya, astrocitoma pilositik klasik biasanya tampak sebagai nodul mural solid di dalam area kistik yang besar. Dalam penelitian kami, tiga kasus astrocitoma pilositik berasal dari struktur midline. Varian ini, yang terjadi pada sekitar 10% astrocitoma pilositik, berpotensi menyerupai jenis tumor lain, menimbulkan tantangan diagnostik^{13,14}. Meduloblastoma lebih sering muncul sebagai massa hiperdens

dan menunjukkan restriksi difusi lebih kuat. Karakteristik ini kemungkinan besar disebabkan oleh sifat hiperselularitas dan kepadatan meduloblastoma. Tidak ada perbedaan signifikan yang diamati antara ependimoma dan meduloblastoma dalam hal adanya kalsifikasi atau komponen hemoragik. Kalsifikasi atau hemoragi jarang terlihat pada astrositoma pilositik. Menurut literatur, astrositoma pilositik jarang menunjukkan hemoragik atau kalsifikasi. Dua pertiga astrositoma pilositik dalam kelompok kami menunjukkan penyangatan tepi di sepanjang dinding komponen kistik. Temuan kami selaras dengan temuan yang dilaporkan dalam penelitian sebelumnya^{15,16,17,18,19,20}. Astrositoma pilositik lebih umum terjadi pada anak dan dewasa muda sementara hemangioblastoma lebih umum ditemukan pada populasi dewasa^{21,22}. Astrositoma pilositik dan hemangioblastoma biasanya muncul sebagai lesi dominan kistik dengan komponen solid atau nodul mural. Temuan kami menunjukkan bahwa astrositoma pilositik dan hemangioblastoma mengalami penyangatan kontras yang kuat, terutama dikarenakan karakteristik hipervaskular dari hemangioblastoma. *Flow-voids* peritumoral yang prominen merupakan pembuluh darah yang membesar di sekitar tumor, diamati pada ketiga hemangioblastoma tetapi tidak ada pada astrositoma pilositik dan tumor lainnya. Temuan ini serupa dengan penelitian yang dilaporkan sebelumnya²³⁻²⁵. Berdasarkan temuan pencitraan CT dan MRI, kami mengembangkan diagram alur diagnostik untuk memudahkan diferensiasi antara jenis tumor ini (Gbr. 8).



Gambar 8. Diagram alur diagnostik berdasarkan temuan pencitraan CT dan MRI tipikal yang diidentifikasi dalam penelitian ini

KETERBATASAN PENELITIAN

Penelitian kami memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, ini merupakan studi retrospektif. Kedua, ukuran sampel relatif kecil terutama untuk tumor langka seperti hemangioblastoma.

KESIMPULAN

Beberapa fitur CT dan MRI, dengan pertimbangan usia pasien berguna untuk membedakan antara tumor primer di serebelum dan ventrikel keempat berdasarkan episentrum tumor dan karakteristik pencitraannya.

REFERENSI

1. Ostrom QT, Price M, Neff C, et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2015–2019. *Neuro-Oncology*. 2022;24(5 S):V1-V95. doi:10.1093/neuonc/noac202
2. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2021;71(3):209-249. doi:10.3322/caac.21660
3. Bray HN, Sappington JM. A review of posterior fossa lesions. *Mo Med*. 2022;119:553–8. PMCID: PMC9762221
4. Posterior fossa tumors in children. Springer eBooks [Internet]. 2015 Jan 1; Available from: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11274-9>
5. Personnic J, Titomanlio L, Auvin S, Dozières-Puyravel B. Neurological disorders encountered in a pediatric emergency department: Pediatric neurology in emergency room. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2021;32:86-92. doi:10.1016/j.ejpn.2021.03.017
6. Chen CC, Cheng PW, Tseng HM, Young YH. Posterior cranial fossa tumors in young adults. *Laryngoscope*. 2006;116(9):1678-1681. doi:10.1097/01.mlg.0000233507.13293.d9
7. Emara M, Mamdouh AE, Elmaghrabi MM. Surgical outcome of posterior fossa tumours: a Benha experience. *Egyptian Journal of Neurosurgery*. 2020;35(1). doi:10.1186/s41984-020-00083-w
8. Borja MJ, Plaza MJ, Altman N, Saigal G. Conventional and advanced MRI features of pediatric intracranial tumors: Supratentorial tumors. *American Journal of Roentgenology*. 2013;200(5). doi:10.2214/AJR.12.9724
9. Shih RY, Smirniotopoulos JG. Posterior Fossa Tumors in Adult Patients. *Neuroimaging Clinics of North America*. 2016;26(4):493-510. doi:10.1016/j.nic.2016.06.003
10. Sufianov R, Pitskhelauri D, Bykanov A. Fourth Ventricle Tumors: A Review of Series Treated With Microsurgical Technique. *Frontiers in Surgery*. 2022;9. doi:10.3389/fsurg.2022.915253
11. Tomasello F, Conti A, Cardali S, la Torre D, Angileri FF. Telovelar Approach to Fourth Ventricle Tumors: Highlights and Limitations. *World Neurosurgery*. 2015;83(6):1141-1147. doi:10.1016/j.wneu.2015.01.039
12. Naidich TP, Lin JP, Leeds NE, Pudlowski RM, Naidich JB. Primary Tumors and Other Masses of the Cerebellum and Fourth Ventricle: Differential Diagnosis by Computed Tomography*. Vol 14.; 1977. doi: 10.1007/BF00496979
13. Chourmouzi D, Papadopoulou E, Konstantinidis M, et al. Manifestations of pilocytic astrocytoma: A pictorial review. *Insights into Imaging*. 2014;5(3):387-402. doi:10.1007/s13244-014-0328-2
14. Ferguson SD, Levine NB, Suki D, et al. The surgical treatment of tumors of the fourth ventricle: A single-institution experience. *Journal of Neurosurgery*. 2018;128(2):339-351. doi:10.3171/2016.11.JNS161167
15. D'arco F, Khan F, Mankad K, Ganau M, Caro-Dominguez P, Bisdas S. Differential diagnosis of posterior fossa tumours in children: new insights. *Pediatric Radiology*. 2018;48(13):1955-1963. doi:10.1007/s00247-018-4224-7
16. Alves CAPF, Löbel U, Martin-Saavedra JS, et al. A diagnostic algorithm for posterior fossa tumors in children: A validation study. *American Journal of Neuroradiology*. 2021;42(5):961-968. doi:10.3174/AJNR.A7057

17. Deng J, Xue C, Liu X, Li S, Zhou J. Differentiating between adult intracranial medulloblastoma and ependymoma using MRI. *Clinical Radiology*. 2023;78(3):e288-e293. doi:10.1016/j.crad.2022.11.016
18. Fatterpekar GM, Naidich TP, Som PM, editors. Case 169. In: *The teaching files: Brain and spine*. Philadelphia: W.B. Saunders; 2012. p. 340-1. doi:10.1016/B978-1-4160-5620-1.00169-1.
19. Galgano MA, Padalino DJ, Fullmer J, Krishnamurthy S. Hemorrhagic Pilocytic Astrocytomas in Adults: A Case Report and Literature Review. *Cureus*. Published online February 24, 2016. doi:10.7759/cureus.510
20. Korkmazer B, Arslan S, Onal EM, et al. Imaging findings of intraventricular pilocytic astrocytoma. *British Journal of Radiology*. 2023;96(1152). doi:10.1259/bjr.20220598
21. Nguyen HS, Doan NB, Gelsomino M, et al. Intracranial hemangioblastoma – A SEER-based analysis 2004–2013. *Oncotarget*. 2018;9(46). doi:https://doi.org/10.18632/oncotarget.25534
22. Kyu Yu I, Hyun Chang K, Hee Han M, et al. Cerebellar Cystic Hemangioblastoma and Cystic Astrocytoma : Differentiation on MR Imaging 1. Vol 35.; 1996. doi: 10.3348/jkrs.1996.35.2.151
23. Chen X, Li F, Xu G, Su J, Shi Q, Dai H. Cerebellar metastasis manifesting as a cyst with mural nodule(s): differentiating it from hemangioblastoma on MRI. *World Neurosurg*. 2023 Jul; 175:e 994-e1004. doi: 10.1016/j.wneu.2023.04.059.
24. Asari S, Katayama S, Itoh T, Tsuchida S, Nishimoto A. MR findings of posterior fossa hemangioblastomas. Vol 16.; 1992. doi: 10.1016/0895-6111(92)90127-u
25. Matsusue E, Inoue C, Tabuchi S, et al. Advanced magnetic resonance imaging findings of cerebellar hemangioblastomas: A report of three cases and a literature review. *Acta Radiologica Open*. 2022;11(2):205846012210770. doi:10.1177/20584601221077074