

Analisis Perbandingan Short dan Long TE Terhadap Spektrum Metabolit MRS Klinis Tumor Otak

Larasati Putri Naibaho, Heri Kuswoyo, Sriyatun, Asumsue Tarigan, Khairil Anwar

Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II

Email: nlarasatiputri@yahoo.com

Artikel info

Artikel history:

Received; 31-01-2025

Revised; 25-06-2025

Accepted; 25-06-2025

Keyword:

MR Spectroscopy; Single Voxel, Short TE, Long TE; Brain Tumor

Abstract. *MR Spectroscopy (MRS) can help determine the ratio of brain metabolite spectrum results, in diagnosing brain disorders, especially brain tumors. In MRS, the use of different Time Echo (TE) parameters will affect the results of the metabolite spectrum obtained, as well as the signal intensity at different peak and ratio values. MRS can be performed using short and long TE. This study aims to analyze the differences in peak values in the spectrum of choline, creatine and NAA metabolites and to analyze the comparison of MRS metabolite spectrum results using different TE value variations. The type of research is quantitative analytic with data collection methods using observation, experiments, measurements and literature studies. From the results of the research that has been done, it can be concluded that the use of different short and long TEs affects the results of the spectrum graph, affecting different peak values and ratio values. Both cannot be mutually exclusive, because they have their respective roles in establishing a diagnosis, so the use of this TE variation must be combined in order to establish a diagnosis.*

Abstrak. *MR Spectroscopy (MRS) dapat membantu mengetahui rasio hasil spektrum metabolit otak, dalam mendiagnosis kelainan pada otak, terutama tumor otak. Pada MRS penggunaan parameter Time Echo (TE) yang berbeda akan mempengaruhi hasil spektrum metabolit yang diperoleh, serta intensitas sinyal pada nilai peak dan rasio yang berbeda. MRS dapat dilakukan menggunakan short dan long TE. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis adanya perbedaan nilai peak pada spektrum metabolit choline, creatine dan NAA serta menganalisis perbandingan hasil spektrum metabolit MRS pada penggunaan variasi nilai TE yang berbeda. Jenis penelitian adalah kuantitatif analitik dengan metode pengumpulan data menggunakan observasi, eksperimen, pengukuran dan studi literatur. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan short dan long TE yang berbeda berpengaruh pada hasil grafik spektrum, mempengaruhi nilai peak dan nilai rasio yang berbeda. Keduanya tidak bisa saling meniadakan, karena memiliki peran masing-masing dalam menegakkan diagnosis, sehingga penggunaan variasi TE ini harus dikombinasikan guna menegakkan diagnosa.*

Kata Kunci:

MR Spektroskopi; single voxel; short TE; long TE; tumor otak

Corresponden author:

Email: nlarasatiputri@yahoo.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

PENDAHULUAN

Tumor otak diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu tumor jinak (benign) dan tumor ganas (malignant). Tumor otak ganas memiliki struktur yang berbeda, sehingga dapat menyebabkan kanker. Contoh tumor otak ganas yaitu golongan glioma, seperti astrocytoma, medulloblastoma, dan glioblastoma multiformis. Tumor otak jinak atau benign memiliki pertumbuhan lambat, jarang bermetastasis, namun tetap bisa mempengaruhi fungsi otak. Tumor ini harus dilakukan tatalaksana segera agar tidak berubah menjadi tumor otak ganas. Contoh tumor otak jinak, yaitu chordoma, glomus jugulare, craniopharyngoma, meningioma, dan adenoma pituitari (Gumaste & Bairagi, 2020).

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah alat pencitraan non-invasif yang memberikan kontras jaringan lunak yang sangat baik untuk struktur jaringan normal dan patologis (Radue et al., 2016). Kelebihan yang dimiliki oleh MRI jika ditinjau dari segi pencitraannya adalah kemampuannya dalam membuat potongan coronal, sagital dan axial serta oblik tanpa mengubah posisi tubuh pasien. MR Spectroscopy (MRS) adalah pencitraan diagnostik non-invasif yang dapat mendeteksi keberadaan dan menangkap informasi biokimia dari berbagai metabolit bebas dalam rentang konsentrasi milimolar (mM) (García-Figueiras et al., 2016; Ungan et al., 2023). MRS merupakan teknik pemeriksaan non-invasif yang telah digunakan untuk mempelajari perubahan metabolisme pada tumor otak, multiple sclerosis, Alzheimer, stroke dan penyakit lain pada otak. Meskipun "standar emas" untuk menentukan diagnosis pasti lesi otak masih berupa biopsi, MRS akan membantu dalam kasus-kasus tertentu untuk menghindari biopsi yang tidak perlu (dalam proses non-neoplastik atau tumor yang tidak dapat dibedah) dan dalam kasus lain, akan membantu mengarahkan biopsi ke area anaplasia (Surur et al., 2010).

Pemeriksaan MRS biasanya dilakukan dengan mengikuti pemeriksaan MRI Brain rutin tanpa atau dengan menggunakan kontras. MRS dapat digunakan dengan dua teknik yaitu: teknik *Multi Voxel Spectroscopy* (MVS) dan *Single Voxel Spectroscopy* (SVS). Protokol sekuen SVS terdapat dua teknik yaitu stimulated-echo acquisition mode (STEAM) dan point-resolved spectroscopy (PRESS), sedangkan pada MVS terdapat sekuen Magnetic Resonance spectroscopic imaging (MRSI) dan chemical shift imaging (CSI). MRS dapat digunakan untuk memvisualisasikan metabolit seperti N-asetil aspartate (NAA), choline (Cho), creatin (Cr), lipid, lactate, myoinositol, glutamin, alanin dan beberapa metabolit lainnya juga dapat tervisualisasikan dalam kondisi penyakit yang berbeda. MRS mempunyai sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dalam membedakan tumor ganas dan jinak, ketika tingkat keganasan meningkat, konsentrasi zat dan metabolit yang mengandung Cho juga meningkat, karena parenkim otak normal digantikan oleh sel tumor, metabolit normal otak cenderung berkurang. Jaringan otak normal yang menghasilkan NAA juga menyebabkan penurunan. MRS dalam menentukan tingkat tumor pada tahun 2008, menemukan bahwa Cho/Cr dan Cho/NAA merupakan penanda yang lebih unggul dibandingkan rasio metabolit lainnya (Rafique et al., 2022).

Mengamati puncak metabolit dapat dipertimbangkan tergantung pada nilai *Time Echo* (TE). Pemilihan TE mungkin menjadi poin penting ketika mengerjakan MRS. Selain itu, TE mengubah presentasi metabolit dalam spektrum (García-Figueiras et al., 2016), dapat menentukan jumlah metabolit yang diukur dengan Long TE (136-280 ms) dan Short TE (10- 50 ms) (Gaillard & Mahmud, 2024b). Pada pemindai 1,5 Tesla dengan long TE (misalnya 140 atau 280 ms), spektrum metabolit tervisualisasi hanya choline (Cho), Creatine (Cr), dan N-asetil aspartat (NAA) yang biasanya dapat diamati pada otak orang dewasa yang sehat, sedangkan senyawa seperti laktat, alanin, atau lainnya mungkin terdeteksi jika konsentrasinya meningkat di atas tingkat normal karena proses metabolisme yang tidak normal. Pada long TE metabolit choline, creatine dan NAA memiliki efisiensi diagnostik rasio metabolit yang lebih baik pada high grade tumor (Kamel Abdel Naser et al., 2016) Pada short TE (≤ 35 ms) dapat lebih banyak metabolit yang dideteksi, dapat menilai NAA, Choline, Creatin serta senyawa tambahan termasuk glutamat, glutamin, myo-inositol, lipid, dan makromolekul lainnya dapat terdeteksi (García-Figueiras et al., 2016). Hasil spektrum MRS yang diperoleh dengan short TE dapat mendeteksi lebih banyak metabolit daripada long TE. Hasil metabolit tersebut berguna untuk memantau terapi pada beberapa kasus pada tumor otak. Hasil spektrum metabolit pada jaringan otak normal dan abnormal akan berbeda, sehingga adanya perbedaan ini MRS dapat digunakan untuk menilai jenis lesi dan abnormalitas pada otak (Verma et al., 2016).

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa adanya perbedaan nilai peak pada spektrum metabolit choline, creatine dan NAA, menganalisis perbandingan hasil spektrum metabolit MRS pada penggunaan variasi nilai TE yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif analitik dengan metode observasi, eksperimen, dan pengukuran. Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober sampai November 2024, di salah satu instalasi radiologi yang berada di Kabupaten Bekasi, menggunakan pesawat MRI 1,5 Tesla. Jumlah sampel penelitian sebanyak 10 sampel dan telah mendapat persetujuan etik (*Ethical Approval*) dengan nomor DP.04.03/I/KE/30/679/2024. Metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi menggunakan data primer, pengolahan pada software spectro view. Instrumen penelitian dilakukan dengan menggunakan lembar kerja, lembar observasi dan software komputer. Analisis data pada SPSS dimulai dengan uji normalitas menggunakan uji Shapiro Wilk, diikuti dengan pengujian hipotesis menggunakan uji statistic parametric paired sample T-Test pada data yang berdistribusi normal dan uji non-parametric Wilcoxon two sample Test pada data yang tidak berdistribusi normal.

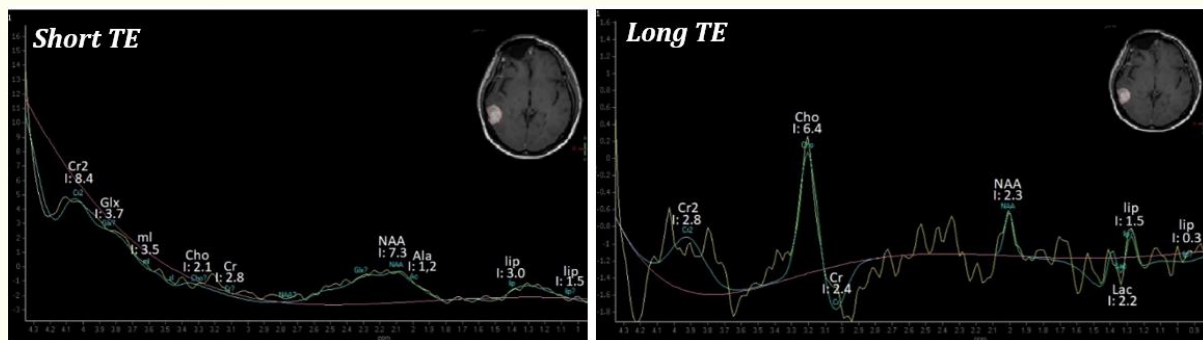
HASIL

Hasil grafik spektrum metabolit spectroscopy pada protokol SV PRESS dengan short TE 35 ms dan long TE 144 ms, dari sebagian sampel yang diperoleh mewakili seluruh sampel (10 sampel) yang

diambil dengan teknik single voxel, telah di klasifikasikan berdasarkan jenis tumor otak seperti hasil grafik berikut:

1) Hasil grafik spektrum MR spectroscopy Meningioma

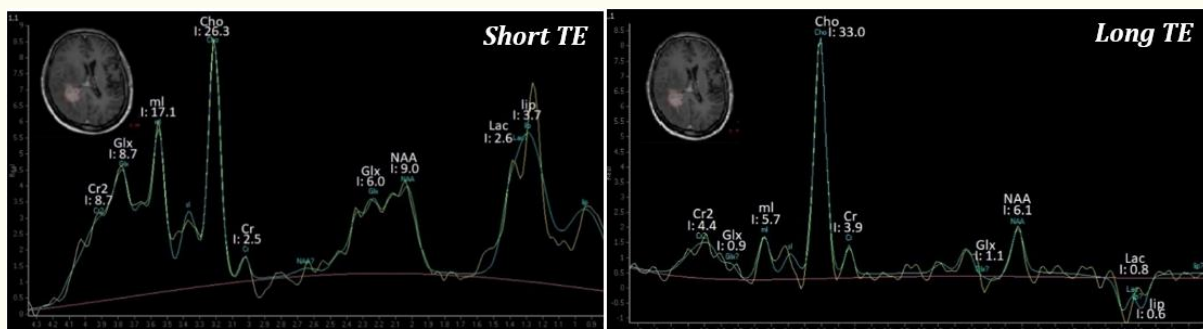
Pada hasil ekspertise dokter radiologi melalui gambaran MRI brain sekuen T1 post kontras tampak lesi isointens yang menyangat pasca pemberian media kontras pada regio occipital kanan berukuran +/- 3,2 x 2,6 x 4,1 cm dengan hasil biopsy meningioma, transitional (WHO grade I). Pada penerapan short 35 ms dan long TE 144 ms hasil grafik spektrum MRS brain pada kurva spektrum metabolit menunjukkan peningkatan choline, penurunan Creatine dan penurunan NAA. Hasil MRS berupa grafik spektrum brain tumor dengan pengaturan short 35 ms dan long TE 144 ms dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Hasil spektrum metabolit meningioma pada MRS short TE

2) Hasil grafik spektrum MR spectroscopy glioblastoma

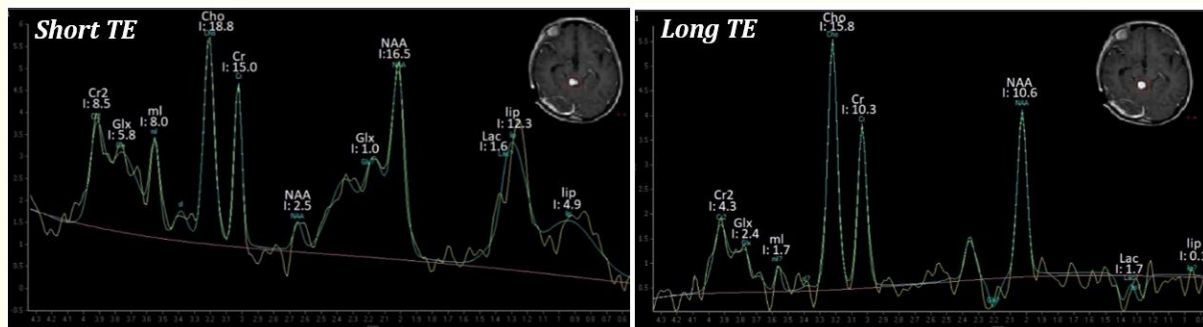
Pada hasil ekspertise dokter radiologi melalui gambaran MRI brain sekuen T1 post kontras tampak lesi padat hipointens heterogen yang menyangat heterogen pasca pemberian media kontras di lobus parietotemporooccipital kanan;DD/glioblastoma multiforme. Pada penerapan short 35 ms dan long TE 144 ms hasil grafik spektrum MRS brain pada kurva spektrum metabolit menunjukkan peningkatan cho, penurunan Cr dan penurunan NAA dan pada short TE terdapat kemunculan peningkatan metabolit lipid, lactate. Hasil berupa grafik spektrum MRS brain dengan pengaturan short dan long TE dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Hasil spektrum metabolit glioblastoma pada MRS short TE

3) Hasil grafik spektrum MR spectroscopy Astrocytoma

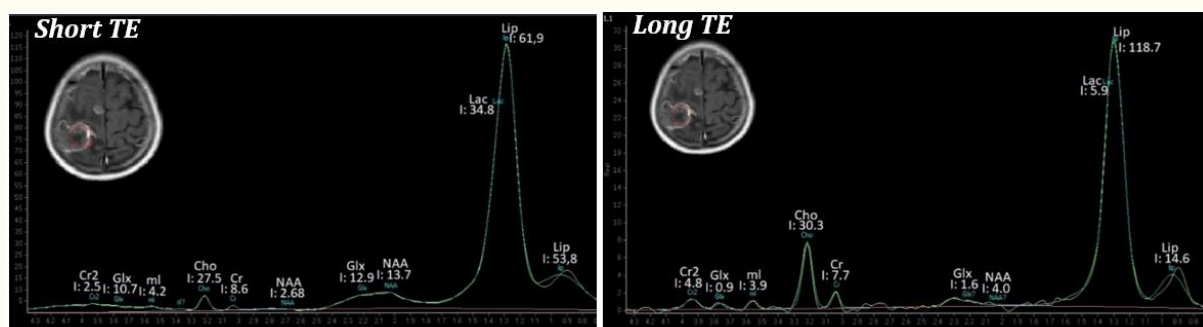
Pada hasil ekspertise dokter radiologi melalui gambaran MRI brain sekuen T1 post kontras tampak lesi hipointens yang menyangat pasca pemberian media kontras di posterior mid mesencephalon-pons berukuran +/- 1,3 x 1,4 x 1,3 cm dengan hasil biopsy diffuse astrocytoma (WHO grade II). Pada penerapan short 35 ms dan long TE 144 ms hasil grafik spektrum MRS brain pada kurva spektrum metabolit menunjukkan peningkatan cho, cr dan kemunculan peningkatan metabolit lipid, lactate, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Hasil spektrum metabolit astrocytoma pada MRS short TE

4) Metastasis

Pada hasil ekspertise dokter radiologi melalui gambaran MRI brain sekuen T1 post kontras tampak lesi isointens di regio frontotemporal kanan yang menyangat pada pemberian media kontras, tampak pula lesi isointense di regio parietal kanan yang menyangat paska pemberian kontras berukuran +/- 2,3 x 1,3 x 2,5 cm. Pada penerapan short 35 ms dan long TE 144 ms hasil grafik spektrum MRS brain pada kurva spektrum metabolit menunjukkan peningkatan cho, cr dan penurunan NAA dan terdapat kemunculan peningkatan metabolit lipid, lactate. Hasil berupa grafik spektrum MRS brain dengan pengaturan short dan long TE dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Hasil spektrum metabolit metastasis pada MRS short TE

Dari gambar klasifikasi jenis tumor otak diatas menampilkan nilai mean dan standar deviasi dari hasil 10 sampel spektrum metabolit dengan penerapan short TE 35 ms dan long TE 144 ms, dengan rasio metabolit brain N-acetylaspartate (NAA), choline (Cho) dan creatine (Cre) pada area lokasi voxel normal dan tumor, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Mean dan Standar Deviasi Spektrum metabolit short TE dan long TE

Pasien/ Usia	Lokasi Voxel	Rasio Metabolit					
		NAA		Cho		Cr	
		35	144	35	144	35	144
Sampel 1	Normal	38.5	28.8	32.1	27.5	28.4	18,7
	Tumor	7.3	1.7	13.3	8,9	11.6	0.9
Sampel 2	Normal	45.2	42.5	24.5	28.3	31.2	26.7
	Tumor	3.3	2.5	10.3	11.0	3.4	2.0
Sampel 3	Normal	34.7	26.9	13.3	13.9	19.9	12.9
	Tumor	7.3	2.3	2.1	6.4	2.8	2.4
Sampel 4	Normal	34.9	32	23.5	25	27.1	21.4
	Tumor	6.6	6.2	27.8	36	8.6	7.9
Sampel 5	Normal	19.3	14.7	10.8	10.1	13.2	8.7
	Tumor	3.3	1.6	3.9	5.6	1.3	1.7
Sampel 6	Normal	40	43.8	27.1	33.4	30.7	29.3
	Tumor	9.0	6.1	26.3	33	2.5	3.9
Sampel 7	Normal	32	29.1	13.1	13.7	21.5	16.5
	Tumor	13.8	11.4	15.8	19.3	9.7	8.6
Sampel 8	Normal	31.6	35.9	15.1	17.1	16.0	13.5
	Tumor	3.3	1.4	5.8	8.1	0.8	0.8
Sampel 9	Normal	23.3	20.3	16.8	16.2	20.9	14.5
	Tumor	16.5	10.6	18.8	15.8	15	10.3
Sampel 10	Normal	37.9	37.8	21.5	21.5	31.3	23.5
	Tumor	6.2	0.4	27.5	30.3	8.6	7.7
Mean	Normal	33.7	31.2	19.8	20.7	24.0	35.4
	Tumor	7.66	4.42	15.16	25.45	6.43	4.62
SD	Normal	7.73	9.26	7.01	7.64	6.60	53.67
	Tumor	4.45	3.97	9.79	25.0	4.90	3.61

Hasil pemeriksaan MRS berupa data grafik spektrum, rasio dan nilai peak dari masing-masing metabolit. Pengukuran nilai ini diukur menggunakan software spectroscopy pada komputer konsol MRI, dengan metabolit yang diukur yaitu metabolit NAA, choline dan creatine, dimana ketiga metabolit ini dijadikan sebagai penanda utama pada grading tumor. Pada setiap metabolit ini dilakukan uji statistika menggunakan SPSS dengan menggunakan uji normalitas metode Shapiro-wilk. Data yang telah diolah spss dengan uji normalitas dapat dilihat pada sampel tabel 2.

Tabel 2 Tes uji normalitas data Shapiro-wilk pada perbedaan TE

Variabel Kriteria TE	p-value	Kesimpulan
NAA TE 35 N	0.629	Terdistribusi normal
NAA TE 144 N	0.856	Terdistribusi normal
Cho TE 35 N	0.608	Terdistribusi normal
Cho TE 144 N	0.674	Terdistribusi normal
Cr TE 35 N	0.250	Terdistribusi normal
Cr TE 144 N	0.000	Tidak terdistribusi normal
NAA TE 35 T	0.086	Terdistribusi normal
NAA TE 144 T	0.037	Tidak terdistribusi normal
Cho TE 35 T	0.300	Terdistribusi normal
Cho TE 144 T	0.005	Tidak terdistribusi normal
Cr TE 35 T	0.260	Terdistribusi normal
Cr TE 144 T	0.082	Terdistribusi normal

Hasil dari uji normalitas pada tabel 2, Dari data terdistribusi normal maka dilakukan uji T dependent atau paired dependent T-Test pada data. Jika data tidak terdistribusi normal maka akan dilakukan uji non parametric Wilcoxon 2 sampel. Pada penelitian ini diperoleh pada metabolit NAA, choline area tumor dan creatine otak normal data tidak terdistribusi normal, maka dilakukan menggunakan uji non parametric Wilcoxon 2 sampel, dapat dilihat pada sampel tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji nonparametric Wilcoxon pada otak normal dan tumor

Pasangan Variabel	<i>p-value</i>	Kesimpulan
Cr TE 35 N vs Cr TE 144 N	0.074	Tidak ada perbedaan signifikan
NAA TE 35 T vs NAA TE 144 T	0.005	Ada perbedaan signifikan
Cho TE 35 T vs Cho TE 144 T	0.022	Ada perbedaan signifikan

Pada metabolit NAA dan choline pada otak normal dan creatine area tumor mendapatkan hasil kesimpulan data terdistribusi normal, maka dilakukan uji paired dependent T-test. Dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil paired dependent T-test pada metabolit otak normal dan tumor

Pasangan Variabel	<i>p-value</i>	Kesimpulan
NAA TE 35 N vs NAA TE 144 N	0.101	Tidak ada perbedaan signifikan
Cho TE 35 N vs Cho TE 144 N	0.356	Tidak ada perbedaan signifikan
Cr TE 35 T vs Cr TE 144 T	0.137	Tidak ada perbedaan signifikan

PEMBAHASAN

Hasil pengambilan data pada pemeriksaan MRS kepala dengan kasus tumor kepala yang dilakukan di salah satu instalasi radiologi RS yang berada di Kabupaten Bekasi pada rentang usia 40-60 tahun. Lokalisasi dilakukan dengan protokol *single voxel* berukuran voxel 20 x 20 x 20 mm³ dengan *time scanning* pada tiap sekuen berdurasi selama 4 menit 4 detik. Penentuan nilai spektrum metabolit dilakukan dengan memilih letak voxel pada area tumor yang mengalami penyengatan pada saat pemberian kontras media gadolinium. Voxel diletakkan dengan menghindari area tulang, udara, cairan dan pembuluh darah.

MRS merupakan pemeriksaan tambahan yang terdapat pada modalitas MRI yang dapat membantu untuk mendiagnosis tumor melalui hasil grafik spektrum metabolit. Salah satunya yaitu dalam mendiagnosis tumor otak, meskipun biopsy tetap menjadi *gold standard* dalam penentuan jenis tumor. MRS dapat menyajikan data berupa rasio dan nilai peak dari metabolit otak dengan sangat baik. Pada penelitian ini, membahas mengenai perbedaan pengaturan parameter yang menggunakan teknik lokalisasi *single voxel* pada klinis tumor otak. Parameter yang akan dibedakan yaitu *time echo* (TE), perbedaan nilai TE akan berhubungan pada hasil spektrum metabolit yang dihasilkan MRS. Pada beberapa literatur, baik jurnal maupun buku, menyebutkan bahwa MRS pada pemilihan TE dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu short TE dan long TE (Gaillard & Mahmud, 2024a). Penelitian ini berfokus

pada perbandingan metabolit choline, creatine dan NAA, karena menurut Pruthviraj et al ketiga metabolit ini dapat menentukan tingkat tumor (Pruthviraj Tivaskar et al., 2021).

Pada MRS, ketiga metabolit choline, creatine dan NAA dari hasil grafik spektrum dapat sebanding dengan konsentrasi metabolit. Dimana grafik MRS menunjukkan lokasi spektrum metabolit dalam satuan ppm (parts per million), yang merupakan indikasi seberapa jauh jaraknya dari frekuensi resonansi (chemical shift). Lokasi tersebut divisualisasikan dalam MRS dengan peran yang berbeda-beda, seperti pada metabolit choline, peningkatan choline adalah penanda peningkatan pergantian sel yang dapat dilihat pada tumor dan proses proliferasi lainnya, dapat juga mengidentifikasi patologi pergantian sel yang tinggi seperti glioma dan limfoma, kadar choline yang tinggi ditunjukkan sebagai tumor tingkat tinggi. Sedangkan pada metabolit NAA, merupakan penanda kelangsungan hidup saraf. Penurunan NAA seperti pada glioma dan radionekrosis, yang melibatkan penghancuran atau penggantian neuron. Limfoma atau metastasis cenderung menunjukkan kadar NAA yang rendah atau tidak ada karena kurangnya neuron pada komponen tumor. Sedangkan pada metabolit creatine, berperan dalam penyimpanan dan transfer energi, sebagai penanda pada neuron yang memiliki metabolisme tinggi. Dalam analisis rasio pada ketiga metabolit ini sangat penting, karena peningkatan rasio antara ketiga metabolit ini, dapat menjadi penanda adanya tumor ganas (Weinberg et al., 2021).

Dalam klinis tumor otak dapat terlebih dahulu melakukan MRI brain kontras, kemudian dilakukan sekuen tambahan dengan menggunakan spectroscopy berdasarkan bentuk spektrumnya dan rasio pada NAA, Choline, Creatine. Pada area otak normal ditandai dengan keberadaan peningkatan NAA dan choline, creatine mengalami penurunan, sedangkan pada tumor otak hasil spektrum menunjukkan adanya peningkatan pada choline, penurunan NAA yang mengakibatkan kehilangan atau penggantian neuron serta creatine berkurang/turun secara abnormal terutama pada tumor ganas. Ketiga metabolit ini dapat spesifik digunakan sebagai ukuran aktivitas tumor (Weinberg et al., 2021). Pada MRS dalam mengevaluasi tumor, biasanya melibatkan analisis pada metabolit lain dengan kehadiran puncak lipid, lactate yang merupakan indikator metabolisme anaerobik, area kematian sel serta tidak muncul pada otak normal dan metabolit lipid menandakan ada atau tidaknya nekrotik dengan tingkat keganasan, hanya muncul pada kerusakan membrane sel pada area tumor (Matsusue et al., 2021).

Dari hasil ekspertise dokter radiolog melalui 10 sampel pasien yang telah melakukan pemeriksaan MRI brain kontras dan dilakukannya MRS mendapatkan pengelompokan jenis tumor otak yang terbagi menjadi 6 meningioma, 1 glioblastoma, 2 astrocytoma dan 1 metastasis. Dimana pada setiap MRS yang telah dilakukan, menghasilkan grafik spektrum yang berbeda. Selain dengan ditandainya ketiga metabolit yang diteliti, terdapat beberapa metabolit-metabolit lain yang dapat menjadi karakteristik dalam penandaan tumor otak. Melalui hasil wawancara, menurut dokter radiolog penafsiran hasil spectroscopy dilakukan dengan melihat rasio NAA, creatine dan choline, serta dengan kemunculan peningkatan pada lipid, lactate, sebagai indikator adanya nekrotik atau tidak pada area tumor. Dokter mengetahui dan menyebutkan bahwa MRS berperan dalam menentukan jenis tumor

ganas atau jinak melalui hasil grafik metabolit yang muncul berdasarkan rasio NAA, choline dan creatine, kemudian kemunculan lactate, lipid.

Pada penelitian Matsusue, et al, membahas mengenai keberadaan meningioma pada MRS. Terdapat metabolit penanda yang dapat membedakan meningioma atau bukan, yaitu ditandai dengan kemunculan metabolit alanine sebagai karakteristik pada meningioma dan tidak muncul pada tumor lain, yang mana pada klinis ini dapat dilakukan pada short TE (Matsusue et al., 2021). Dari hasil grafik spektrum metabolit tumor otak pada gambar 1 dengan penerapan short TE, mendapatkan bahwa metabolit alanine muncul pada short TE dengan nilai peak sebesar 1.2 ppm, sesuai dengan yang disarankan pada jurnal.

Pada jurnal vieira et al, yang membahas mengenai glioblastoma dan metastasis, menunjukkan puncak choline yang tinggi didaerah tumor. Kepadatan sel yang meningkat pada glioblastoma dan metastasis dikarenakan choline sebagai penanda proliferasi sel atau seberapa cepat sel dalam tumor yang membelah (berpoliferasi) dan penurunan pada NAA sebagai penanda neuronal berkurang. NAA secara signifikan lebih tinggi pada glioma tingkat tinggi dibandingkan pada glioma tingkat rendah, namun, nilai ambang batas belum ditetapkan dengan baik. Glioblastoma dan metastasis juga menunjukkan puncak kenaikan yang panjang pada metabolit lipid dan baik dilakukan dengan long TE 144 ms (Vieira et al., 2017). Dari hasil grafik spektrum metabolit tumor otak pada klasifikasi glioblastoma yang dapat dilihat pada gambar 2 didapatkan bahwa, pada penerapan long TE menunjukkan nilai peak pada peningkatan choline 33.0 ppm, penurunan creatine 3.9 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan nilai peak pada short TE, dimana peningkatan choline 26.3 ppm dan penurunan creatine 2.5 ppm. Begitu juga pada hasil grafik spektrum tumor otak dari klasifikasi metastasis yang ditunjukkan pada gambar 4, dimana long TE memiliki peningkatan choline 30.3 ppm, penurunan creatine 7.7 ppm dan peningkatan lipid 118.7 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditunjukkan pada short TE, dimana memiliki peningkatan choline 27.5 ppm, penurunan creatine 8.6 ppm dan peningkatan lipid 61.9 ppm, seperti yang disarankan pada jurnal.

Pada jenis tumor astrocytoma menurut Meena et al, dapat dilihat dengan adanya konsentrasi metabolit myo-inositol (ml) yang meningkat secara abnormal, dimana myo-inositol memiliki implikasi dalam penggolongan tumor pada low grade tumor dan untuk mendapatkan metabolit myo-inositol baik dilakukan pada short TE (Meena & Kumar Sharma, 2019). Dari hasil grafik spektrum metabolit yang ditunjukkan pada gambar 3 dimana pada penerapan short TE, terdapat peningkatan nilai peak pada myo-inositol- 8.0 ppm, lebih tinggi dibandingkan pada long TE, yang mana terdapat nilai peak pada metabolit myo-inositol lebih rendah sebesar 1.7 ppm, sama seperti pada jurnal.

Berdasarkan dari beberapa jurnal yang membahas short TE dan long TE, menunjukkan pada meningioma dan astrocytoma dengan low grade tumor dapat diaplikasikan menggunakan short TE. Pada meningioma bertujuan untuk mendapatkan kemunculan metabolit alanine dan pada astrocytoma untuk mendapatkan kenaikan pada metabolit myo-inositol. Sedangkan pada glioblastoma dan metastasis dapat dilakukan dengan long TE 144 ms, dimana pengaplikasian long TE mampu menunjukkan rasio

metabolit Cho/NAA, Cho/Cr dan NAA/Cr untuk menunjukkan grading pada tumor, dan ditandai dengan kenaikan metabolit lipid, laktat yang dapat muncul secara signifikan pada high grade tumor daripada low grade tumor.

Berdasarkan hasil uji statistika, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan TE yang berbeda dari metabolit otak normal NAA, choline dan creatine dan pada area tumor dari metabolit creatine, sedangkan pada tumor dengan metabolit NAA dan choline terdapat perbedaan signifikan. Dapat dilihat juga melalui aspek perbandingan pada jurnal dengan klinis, terdapat perbedaan penafsiran pada hasil spektrum dengan TE yang berbeda. Penggunaan TE yang berbeda pada pemeriksaan MRS juga akan mempengaruhi bentuk spektrum, intensitas sinyal masing-masing metabolit, serta jenis metabolit yang muncul. Penggunaan short dan long TE tidak bisa saling meniadakan, keduanya memiliki peran masing-masing. Perbedaan dari spektrum yang dihasilkan dapat membantu dalam mendiagnosis jenis klasifikasi tumor tertentu, sehingga penggunaan short dan long TE harus dikombinasikan guna menegakkan diagnosa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan TE yang berbeda berpengaruh pada hasil grafik spektrum tumor otak yang dihasilkan pada MRS, mempengaruhi nilai peak yang berbeda beserta nilai rasionya, dimana didapatkan nilai peak pada metabolit choline, creatine dan NAA pada short TE 35 ms lebih besar dibandingkan pada long TE 144 ms. Pada short TE 35 ms menghasilkan lebih banyak metabolit yang muncul dibandingkan dengan long TE 144 ms, namun dalam grading tumor otak rasio yang dihasilkan pada long TE 144 ms lebih tinggi dibandingkan short TE 35 ms. Oleh karena itu, long TE 144 ms lebih sering digunakan dibandingkan dengan short TE 35 ms. Berbeda kasusnya pada klinis meningioma dan astrocytoma dianjurkan dapat menggunakan short TE 35 ms, karena terdapat kemunculan metabolit alanine sebagai penanda meningioma dan kenaikan myo-inositol pada astrocytoma. Sedangkan pada glioblastoma dan metastasis dapat menerapkan long TE 144 ms untuk mendapatkan puncak kenaikan pada choline dan lipid. Berdasarkan hasil uji statistika diperoleh tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi perbedaan TE area otak normal metabolit NAA, choline, creatine dan pada tumor spektrum metabolit creatine, sedangkan pada hasil spektrum metabolit NAA dan choline pada area tumor terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi perbedaan TE.

DAFTAR PUSTAKA

- Gaillard, F., & Mahmud, A. (2024a). MR spectroscopy. In Radiopaedia.
<https://doi.org/https://doi.org/10.53347/rID-1630>
- Gaillard, F., & Mahmud, A. (2024b). MR Spectroscopy. In Radiopaedia.
<https://doi.org/https://doi.org/10.53347/rID-1630>

- García-Figueiras, R., Baleato-González, S., Padhani, A. R., Oleaga, L., Vilanova, J. C., Luna, A., & Gómez, J. C. C. (2016). Proton magnetic resonance spectroscopy in oncology: The fingerprints of cancer? In *Diagnostic and Interventional Radiology* (Vol. 22, Issue 1). <https://doi.org/10.5152/dir.2015.15009>
- Gumaste, P. P., & Bairagi, V. K. (2020). A Hybrid Method For Brain Tumor Detection Using Advanced Textural Feature Extraction. In *Biomedical and Pharmacology Journal* (Vol. 13, Issue 1). Oriental Scientific Publishing Company. <https://doi.org/10.13005/bpj/1871>
- Kamel Abdel Naser, R., Abdel Kad Afaf, Hassan, K., Mohamed, A., & Nabil, N. (2016). Role Of Magnetic Resonance Spectroscopy In Grading Of Primary Brain Tumors. In *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* (Vol. 47, Issue 2). Egyptian Society of Radiology and Nuclear Medicine. <https://doi.org/10.1016/j.ejrnm.2016.03.011>
- Matsusue, E., Inoue, C., Tabuchi, S., Yoshioka, H., Nagao, Y., Matsumoto, K., Nakamura, K., & Fujii, S. (2021). Utility of 3T Single-Voxel Proton MR Spectroscopy for Differentiating Intracranial Meningiomas from Intracranial Enhanced Mass Lesions. In *Acta Radiologica Open* (Vol. 10, Issue 4). Pubmed. <https://doi.org/10.1177/20584601211009472>
- Meena, N., & Kumar Sharma, M. (2019). Role of Magnetic Resonance Spectroscopy in Evaluation of Intracranial Malignancies. In *Tanta Medical Journal* (Vol. 47, Issue 1). Medpulse. https://doi.org/10.4103/tmj.tmj_19_18
- Pruthviraj Tivaskar, S., Lakhkar, B. N., Dhande, R. P., & Mishra, G. V. (2021). Role of TE in MR Spectroscopy for The Evaluation of Brain Tumour with Reference to Choline and Creatinine. In *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology* (Vol. 15, Issue 2). <https://doi.org/10.37506/ijfmt.v15i2.14442>
- Radue, E.-W., Weigel, M., Wiest, R., & Urbach, H. (2016). Introduction to Magnetic Resonance Imaging for Neurologists. In *Continuum (Minneapolis, Minn.)* (Vol. 22, Issues 5, Neuroimaging). <https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000391>
- Rafique, Z., Awan, M. W., Iqbal, S., & Usmani, N. N. (2022). Diagnostic Accuracy of Magnetic Resonance Spectroscopy in Predicting the Grade of Glioma Keeping Histopathology as the Gold Standard (Vol. 14, Issue 2). <https://doi.org/10.7759/cureus.22056>
- Surur, A., Cabral, J. F., Marangoni, A., Marchegiani, S., Palacios, C., Herrera, E., & Suárez, J. (2010). Contributions of Magnetic Resonance Spectroscopy in Brain Lesions. In *Rar* (Vol. 74, Issue august 2009). Sociedad Argentina de Radiolog©Ua. https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/marzo11/argentina/arg_ingles.pdf
- Ungan, G., Pons-escoda, A., Ulinic, D., Ar, C., Vellido, A., & Juli, M. (2023). Using Single-Voxel Magnetic Resonance Spectroscopy Data Acquired at 1.5T to Classify Multivoxel Data at 3T: A Proof-of-Concept Study. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/cancers15143709>
- Verma, A., Kumar, I., Verma, N., Aggarwal, P., & Ojha, R. (2016). Magnetic Resonance Spectroscopy — Revisiting The Biochemical and Molecular Milieu of Brain Tumors. In *BBA Clinical* (Vol. 5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.04.002>
- Vieira, B. H., Dos Santos, A. C., & Salmon, C. E. G. (2017). Pattern recognition of abscesses and brain tumors through MR spectroscopy: Comparison of experimental conditions and radiological findings. In *Research on Biomedical Engineering* (Vol. 33, Issue 3). Research on Biomedical Engineering. <https://doi.org/10.1590/2446-4740.00617>

Weinberg, B. D., Kuruva, M., Shim, H., & Mullins, M. E. (2021). Clinical Applications of Magnetic Resonance Spectroscopy in Brain Tumors: From Diagnosis to Treatment. *Radiologic Clinics of North America*, 59(3), 349–362. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2021.01.004>