

## PERAN METODE ARTERIAL SPIN LABELING (ASL) PADA MRI BRAIN PERFUSI DENGAN KASUS STROKE

Ishry Ahsani Aulia Askar<sup>1\*</sup>, I Putu Eka Juliantara<sup>2</sup>, Nadra<sup>3</sup>

<sup>1-2</sup>AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali

<sup>3</sup>Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang

\*) Email Korespondensi: ishryaulia@gmail.com

**Abstract: The Role Of Arterial Spin Labeling (ASL) Method In MRI brain Perfusion With Stroke Cases.** *Magnetic resonance imaging (MRI) of the brain is the most common diagnostic test used to see or detect brain tumors and detect the presence of brain cancer. This examination works by placing the patient into a magnetic field and using frequency energy to take images of the brain inside the head. Stroke is an acute neurological dysfunction caused by impaired blood flow to the brain, accompanied by the onset of symptoms and signs corresponding to the focal area of the brain, occurring suddenly or rapidly. This study aims to determine the role of brain MRI examination with stroke cases and to determine the role of arterial spin labeling method in establishing the diagnosis of stroke cases. This study uses qualitative descriptive with a case study approach of subjects consisting of one patient who will indeed do a brain MRI examination with a stroke case, The subject was subjected to a 3 Tesla MRI examination to determine the sequence and procedure as well as information about the role of the arterial spin labeling method used. The role of the Arterial Spin Labeling (ASL) method in MRI brain perfusion with stroke cases, the aim is to see if using the ASL sequence more specifically looks at abnormalities in the brain. From arterial spin labeling measures brain flow without using contrast media, identifies brain areas that may have ischemia, distinguishes between ischemic areas and normal areas, assesses areas that may still have blood flow around the stroke area.*

**Keywords :** Arterial Spin Labeling, Brain, Stroke

**Abstrak: Peran Metode Arterial Spin Labeling (ASL) Pada MRI Brain Perfusi Dengan Kasus Stroke** *Magnetic resonance imaging (MRI) brain adalah tes diagnostik yang paling umum digunakan untuk melihat atau mendeteksi tumor otak dan mendeteksi adanya kanker otak. Pemeriksaan ini bekerja dengan menempatkan pasien ke dalam medan magnet dan menggunakan energi frekuensi untuk mengambil gambar otak di dalam kepala. Stroke adalah disfungsi *neurologis* akut yang disebabkan oleh gangguan aliran darah ke otak, disertai dengan timbulnya gejala dan tanda yang sesuai dengan area fokus otak, terjadi secara tiba-tiba atau cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran pemeriksaan MRI *brain* dengan kasus *stroke* dan untuk mengetahui peran metode *arterial spin labeling* dalam menegakkan *diagnosis* kasus *stroke*. Penelitian ini menggunakan deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus terhadap subjek yang terdiri dari satu pasien yang memang akan melakukan pemeriksaan MRI *brain* dengan kasus *stroke*, subjek dilakukan pemeriksaan MRI 3 Tesla untuk mengetahui urutan dan prosedur serta informasi tentang peran metode *arterial spin labeling* yang digunakan. Peran *Metode Arterial Spin Labeling (ASL) Pada MRI Brain Perfusi dengan Kasus Stroke*, tujuannya untuk melihat apakah dengan menggunakan *sequence ASL* lebih spesifik melihat kelainan pada *brain*. dari *arterial spin labeling* mengukur aliran otak tanpa menggunakan media kontras, mengidentifikasi daerah-daerah otak yang mungkin mengalami *iskemia*, membedakan antara area *iskemik* dengan area yang normal, menilai daerah-daerah yang mungkin masih memiliki aliran darah disekitar area *stroke*.*

**Kata Kunci :** Arterial Spin Labeling, Brain, Stroke

## PENDAHULUAN

*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) adalah metode *non-invasif* struktur *internal* dan aspek fungsi tertentu di dalam tubuh. Metode ini menggunakan radiasi *electromagnetik non-pengion* dan tampaknya tidak memiliki risiko yang terkait dengan paparan. Metode ini menggunakan radiasi *frekuensi radio* (RF) di hadapan medan *magnet* yang dikontrol untuk melakukannya menghasilkan gambar penampang tubuh berkualitas tinggi di bidang apa pun (Geethanath and Vaughan, 2019). Pemeriksaan *magnetic resonance imaging* (MRI) bertujuan untuk mengetahui karakteristik *morfologis* dari kondisi *patologis* (lokasi, ukuran, bentuk perluasan dan lain-lain). Dari keadaan patologi yang diperoleh dengan mengevaluasi satu atau kombinasi gambar penampang tubuh *coronal*, *sagittal*, dan *axial* tergantung dari lokasi organ dan kemungkinan patologi (Sriyatun et al., 2020)

Kualitas gambar MRI dipengaruhi oleh beberapa faktor, SNR (*signal-to-noise ratio*) yaitu *rasio* antara ukuran dan *amplitudo* (*noise*), CNR (*contrast to noise ratio*) yaitu ukuran matriks akuisisi, yang mengontrol resolusi gambar dan waktu pemindaian (*scan time*) (Saefulloh and Masrochah, 2018) *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) *brain* merupakan tes *diagnostik* yang paling umum digunakan untuk melihat atau mendeteksi tumor otak dan mendeteksi adanya kanker otak. Pemeriksaan ini, bekerja dengan cara menempatkan pasien ke dalam medan *magnet* dan menggunakan *energy frekuensi* untuk mengambil citra otak di dalam kepala (Prayoga, Nugraheni and Fatmasari, 2020)

*Stroke* adalah disfungsi *neurologist* akut yang disebabkan oleh gangguan aliran darah ke otak, disertai dengan timbulnya gejala dan tanda yang sesuai dengan area *focus* otak, terjadi secara tiba-tiba atau cepat (Kartikasari et al., 2020)

*Arterial Spin Labeling* (ASL) adalah *non-invasif* teknik MRI untuk mengukur aliran darah otak (CBF). ASL menjadi perhatian khusus karena sifatnya yang kuantitatif dan

kemampuannya untuk menentukan wilayah *arteri serebral*. ASL memiliki potensi untuk deteksi dan tindak lanjut *malformasi nous arteriove*. ASL diusulkan sebagai *alternative diagnostic* untuk PET (Grade et al., 2015)

## METODE

Penelitian ini menggunakan deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus subjek terdiri dari satu pasien yang akan melakukan pemeriksaan MRI *brain* dengan klinis *stroke*, subjek dilakukan pemeriksaan MRI 3 *Tesla* untuk mengetahui *sequence* dan informasi *sequence* yang digunakan. Penelitian ini dilakukan di salah satu Rumah Sakit di Jakarta Pusat, dari tanggal 05 Juni 2023 sampai 31 Agustus 2023. Data dianalisa secara deskriptif setelah melakukan pencatatan informasi selama penelitian dilapangan. Teknik pengumpulan data peneliti melakukan observasi, wawancara serta dokumentasi. Responden yang berperan dalam penelitian ini adalah 2 orang dokter radiologi dan 3 orang *radiografer*. Analisa data dimulai dari melakukan observasi *sequence* MRI *brain* dengan kasus *stroke*.

Kriteria pasien yang akan dijadikan sampel penelitian ini adalah memiliki diagnosa klinis *stroke*, tidak menggunakan benda-benda logam seperti jam tangan, gigi palsu, ring jantung, dan lain-lain. Dilakukan pemeriksaan MRI *brain* tidak memiliki *phobia chalustrophobia*. Kriteria *radiographer* yang menjadi responden penelitian ini adalah memiliki *skill basic* tentang *sequence* pemeriksaan MRI, ijazah terakhir lulusan radiologi, menguasai teknik pemeriksaan MRI *brain*, mempunyai STR yang masih aktif. Kriteria *radiolog* yang menjadi responden penelitian ini adalah dapat mendiagnosa pemeriksaan MRI *brain* dengan klinis *stroke* ijazah terakhir lulusan dokter *spesialis radiolog*.

## HASIL

Penelitian ini menggunakan pasien laki-laki dengan klinis *stroke*, umur 69 tahun, *stroke* adalah penyebab utama kematian diseluruh dunia, *Stroke* adalah

*disfungsi neurologis* akut yang disebabkan oleh gangguan aliran darah ke otak, disertai dengan timbulnya gejala dan tanda yang sesuai dengan area *focus* otak, terjadi secara tiba-tiba atau cepat

Tujuan *adanya sequence arterial spin labeling* kasus *stroke* pada MRI *brain* untuk melihat apakah dengan menggunakan *sequence ASL* lebih spesifik melihat kelainan pada *brain*. Penambahan urutan *arterial spin labeling* (ASL) pada MRI *brain* memberikan temuan *diagnostic* tambahan dibandingkan dengan MRI *brain konvensional* pada sekitar 7,4% pasien dengan informasi tambahan pada 24,5% pasien dengan *infark* akut. Temuan tambahan yang diamati pada ASL dapat membantuj dalam diagnosis banding proses *neurologis*, gejala *stroke* yang penting seperti kejang, *migraine* dan *lesi hipervaskular*(Belani *et al.*, 2020)

Pengaturan posisi pasien di usahakan nyaman mungkin, dengan tidur *supine* diatas meja pemeriksaan, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah selama berlangsungnya tindakan adalah pasien tidak boleh bergerak sama sekali, sehingga tidak terjadi *artefack*.

## PEMBAHASAN

Keunggulan pada *Arterial Spin Labeling* (ASL) tidak ada penyinaran, tidak ada suntikan media kontras eksogen, kuantifikasi *absoult* aliran darah jaringan dan waktu transit *arteri* dapat dilakukan, pengukuran berulang dapat dilakukan dan *reproduksibilitas*. Dan kekurangan pada *Arterial Spin Labeling* (ASL) *rasio signal noise* yang rendah, waktu akuisisi minimum 3 menit, resolusi *special* terbatas, kuantitas *volume* dara jaringan tidak mungkin dilakukan misal *volume* darah otak, tidak ada harmonisasi teknik (jenis pelabelan, perolehan citra, pasca perawatan) serta produsen(Ferré *et al.*, 2013)

Keuntungan dari *Arterial Spin Labeling* (ASL) dibandingkan dengan teknik *konvensional* ASL bersifat kuantitatif, kuantifikasi per *perfusi absolut* memungkinkan pengenalan keadaan *hipo* atau *hiper-perfusi global* dan juga memungkinkan perbandingan antara beberapa pengukuran dalam studi

*longitudinal*. keuntungan lainnya dari metode perfusi ASL adalah kemungkinan menggunakan urutan (misalnya *spin-echo*) yang tidak *sensitive* terhadap kerentanan *artefak* MRI. Salah satu kelemahan utama teknik MRI *perfusi* ASL adalah perbedaan sinyal yang lebih rendah(Petcharunpaisan, 2010)

Keuntungan *Arterial Spin Labeling* (ASL) sinyal *perfusi* ASL mengukur kuantitas *fisiologis* yang terdefinisi dengan baik yang dapat menunjukkan penurunan variabilitas antar subjek dan antar sesi. Metode ASL dapat digunakan dengan metode pencitraan, seperti pembaca *spin-echo*, yang mengurangi kehilangan sinyal terkait kerentanan. Kekurangan *rasio* sinyal terhadap *noise* dari respon ASL biasanya kurang dari setengah dari respon *bold*(Liu and Brown, 2007)

Menurut responden *radiolog* 1 *arterial spin labeling* digunakan sebagai bagian dari seperangkat *sequence* MRI *brain* pada kasus *stroke*, ASL melengkapi *sequence* lainnya, dimana ASL dapat mengukur perfusi jaringan otak. ASL merupakan salah satu teknik dalam MRP *Perfusion* yang mengukur perfusi jaringan, aliran darah *arteri* yang dilabel secara *magnetic* sebagai "*endogenous tracers*" untk mediagnosa kasus *stroke*, ada beberapa *sequence* MRI yang dapat digunakan untuk pemeriksaan MRI *brain* pada kasus *stroke* seperti T1 SE, T2 TSE, FLAIR, DWI-ADC, SWI dan ASL, *sequence* tambahan seperti MRA dan MRV juga dapat disertakan sebagai pelengkap. Untuk metode *arterial spin labeling* dapat memberikan gambaran kuantitatif *perfusi* jaringan. Parameter *fisiologis* utama yang diukur dengan metode *arterial spin labeling* adalah *cerebral blood flow* (CBF) yang menentukan tingkat pengiriman oksigen dan nutrisi ke kapiler dan dinyatakan sebagai *volume* darah per *volume* jaringan per menit. Gambaran yang didapatkan dalam metode ASL juga dapat digunakan untuk mengevaluasi berapa luas dari parenkim otak yang mengalami kerusakan. Lokasi dari lesi ini didapatkan dari *sequence-sequence* lainnya. Salah satu kelebihan dari metode ASL ini adalah tidak

menggunakan media kontras, metode ini menggunakan proton air darah arteri yang dilabel secara *magnetic* sehingga aman untuk beberapa pasien yang tidak dapat menerima media kontras. Dan keterbatasan dari metode ASL adalah nilai CBF yang di ukur sangat rentan dipengaruhi oleh status *farmakologi* pasien, sebagai contoh, kafein, (*antagonis siklooksigenase*) dan *indometasin* (penghambat *siklooksigenase*) menyebabkan penyempitan pembuluh darah dan mengurangi *baseline* CBF.

Menurut responden *radiologi 2* peran dari *arterial spin labeling* mengukur aliran darah otak tanpa menggunakan media kontras, mengidentifikasi daerah-daerah otak yang mungkin mengalami *iskemia*, membedakan antara area *iskemik* dengan area yang normal, menilai daerah-daerah yang mungkin masih memiliki aliran darah disekitar area *stroke*, dalam kasus *stroke* ada beberapa tambahan *sequence* dalam menegakkan diagnosis seperti DWI untuk melihat area otak yang merupakan tanda awal *stroke*, perfusi untuk menilai aliran darah otak yang terkena *stroke* dan yang mengalami penurunan aliran darah, SWI untuk mendeteksi pendarahan, baik perdarahan akut maupun *mikroperdarahan*, MRA untuk melihat aliran darah dalam pembuluh darah otak yang menjadi penyebab *stroke*, seperti adanya penyumbatan atau pecah. GRE atau T2 untuk melihat perdarahan, perdarahan kecil atau *mikroperdarahan*. Pemeriksaan MRI *brain* dengan kasus *stroke* dengan menggunakan *sequence* ASL saja tidak cukup untuk mendiagnosis kasus *stroke*, karena hanya memberikan informasi tentang aliran darah otak. Mengenai informasi *diagnostic* pada *sequence* ASL pada kasus *stroke* pemetaan aliran darah otak secara regional, menandakan area *infark* dengan aliran darah yang rendah atau kematian sel, menilai daerah-daerah yang masih memiliki aliran darah di sekitar area yang mengalami *stroke*. Keterbatasan ASL *perfusi* pada MRI *brain* ASL memiliki resolusi special yang lebih rendah dibandingkan dengan teknik *perfusi* dengan kontras zat, gambaran

yang tidak akurat karena ASL berpengaruh dengan perubahan dalam sirkulasi darah atau masalah teknis lainnya, seperti gerakan pada pasien selama pemeriksaan, membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan beberapa teknik perfusi lainnya. Keunggulan ASL *Non-Invasif* dan tidak menggunakan zat kontras, mengurangi resiko efek samping dan alergi terkait dengan penggunaan media kontras, memberikan gambaran aliran darah absolut, sehingga memungkinkan perbandingan yang lebih langsung antara area otak yang berbeda, bermanfaat dalam bidang *neurologi* dan penelitian karena dapat digunakan untuk pemetaan fungsional otak dan dapat dilakukan untuk menilai dinamika aliran darah otak sepanjang waktu.

Keuntungan utama ASL bahwa ia menggunakan air *arteri* sebagai pelacak *endogen* dan tidak memerlukan injeksi pelacak *eksogen* yang tidak nyaman dan berpotensi berbahaya karena juga ASL bersifat *Non-Invasif* aman untuk diulang dari waktu ke waktu dan juga dapat melacak perubahan *cerebral blood flow* (CBF) seperti yang disebabkan oleh perkembangan penyakit atau terapi obat.

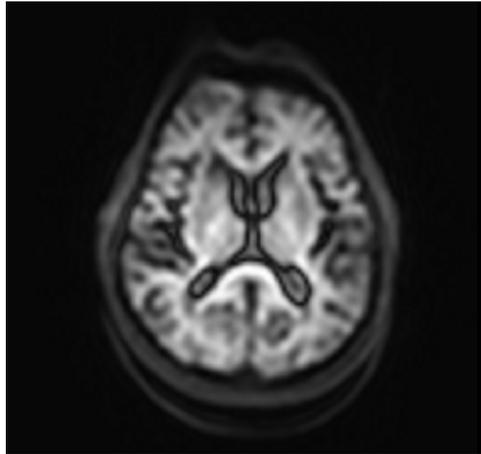
Menurut responden *radiographer 1* mengenai MRI *brain* tidak ada persiapan khusus hanya memastikan pasien itu tenang, tidak gelisah, sehingga mudah dalam melakukan pemeriksaan, tidak ada gangguan, yang kedua pastikan pasien sudah melepas benda-benda logam, seperti *handphone*, jam tangan, dompet kemudian pastikan lagi bahwa pasien tidak pernah melakukan operasi jantung pasang *pacemaker* ataupun terpasang pen dan *ring* jantung. Persiapan pasien yang dapat membuat gagal atau menghambat pemeriksaan MRI *brain* pasien yang tidak kooperatif, pasien yang tidak bisa tenang atau gelisah sehingga dapat menghambat dan membuat gagal pemeriksaan MRI *brain*. Kelebihan pada MRI *brain* jadi lebih tahu level oksigenasi jadi bisa istilahnya mapping daerah mana yang tidak terhalir *oksigen*, kekurangannya hanya saja menambah waktu pemeriksaan. Peran *sequence* ASL *perfusi* sangat penting

sekali untuk menggambarkan bagaimana level oksigen di kepala sehingga memudahkan dokter untuk melakukan tindakan lebih lanjut. *Post processing* yang dilakukan untuk menampilkan gambaran atau *indicator* kuantitatif yang ditujukan pada ASL, untuk *post processingnya*, biasanya setelah melakukan teknik potongan khusus kemudian *window*nya di ubah jadi *window perfusi* dengan *widthnya* 300 kemudian *centernya* 150 sehingga untuk menyeragamkan nilai gambaran dari *perfusi* tersebut.

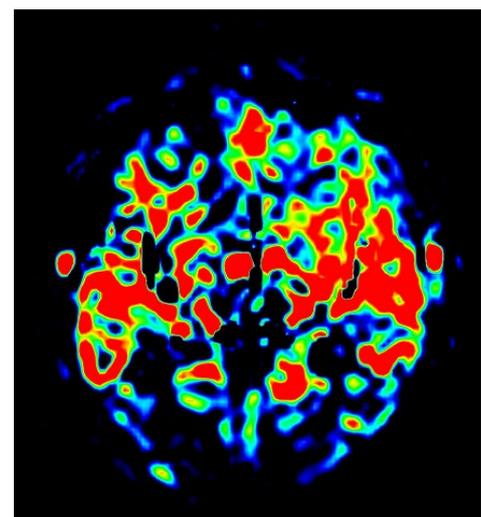
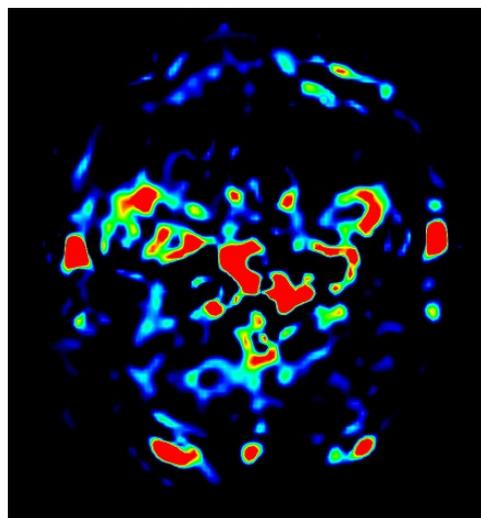
Menurut *radiographer 2* untuk pemeriksaan MRI *brain* tidak memerlukan persiapan khusus hanya harus memastikan bahwa pasien tersebut terbebas dari benda-benda logam. Yang membuat gagal dan menghambat proses pemeriksaan MRI *brain* adalah pasien yang menggunakan logam, jadi jika terdapat logam pada tubuh pasien misalnya pacu jantung dan alat bantu mendengar. Pada kasus *stroke sequence* khusus yaitu ASL ini karena kita akan menentukan apakah dia akut. Kelebihan pada ASL ini merupakan *sequence* yang sangat bagus karena pada kasus *stroke* dia akan melihat kandungan oksigen di dalam darah sehingga nanti akan terlihat pada pasien *stroke* itu akan mengalami *hipoperfusi*. Kekurangan pada ASL yaitu ditemukan pada pasien yang menggunakan logam di *implant* gigi atau memakai kawat gigi. Peran ASL *perfusi* pada MRI *brain* kasus *stroke* terkait dengan fungsi ASL untuk melihat kandungan *oksigen* dalam pembuluh darah sehingga pada pasien itu nanti akan menunjukkan daerah mana yang mengalami kekurangan *oksigen* dan *identific* dengan adanya gangguan pada pembuluh darah di otak yang menunjukkan kasus *strokenya*. Untuk *post processing* diperlukan pengolahan dengan menggunakan 3D irisan ketebalan 5 ML jumlah *slicenya* 19, kemudian setelah dilakukan proses

tersebut kita akan melihat daerah mana yang mengalami *hipoperfusi*, daerah yang netral dan *hiperperfusi*.

Menurut *radiographer 3* persiapan khusus tidak ada hanya saja bebas dari benda-benda logam, khususnya logam yang ada di daerah kepala semisal kawat gigi, gigi palsu, dan *implant* permanen. Yang menghambat dan membuat gagal pemeriksaan pasien mempunyai alat pacu jantung, *ring* jantung kawat gigi dan gigi palsu, bisa saja dinilai tapi hasil gambarnya tidak akan maksimal, tidak akan bagus dan baik dengan keinginan dokter. Yang membuat gagal adalah pergerakan pada pasien karena gambaran *moving* artefak sehingga anatomi pada otak tidak bisa dinilai. Kelebihan pada ASL *perfusi* menilai kadar oksigen dalam daerah sel darah pasien yang ada di otak sehingga gambaran normal pasien itu semakin merah menandakan semakin banyak kadar oksigen dalam sel darah di otak apabila semakin biru atau gelap atau *hipointens* menandakan semakin kurangnya kadar oksigen dalam sel darah di otak. Peran ASL *perfusi* pada MRI *brain* kasus *stroke* sangat penting karena menunjukkan kadar oksigen dalam kadar oksigen dalam darah, menentukan otak kanan dan kiri kadar darahnya seimbang atau tidak, apabila kadar oksigen dalam darah tidak seimbang yang diakibatkan karena terganggunya sumbatan dalam *arteri* pembuluh darah itu akan mengakibatkan pasien tersebut mengalami gangguan. *Post processing* dilakukan pada *parallel range* karena gambaran ASL 3 Dimensi lebih dari 300 gambar dan di komper menjadi 19 gambar di rekonstruksi tampilan *axial* kemudian di ganti *window* level dan kontas ke angka 300 dan 150 sehingga dapat terstandarisasi apakah hasil gambarnya bisa sesuai yang dokter inginkan untuk melihat *hiperintens* atau *hipointens* dari ASL tersebut.



Gambar 1. Tampilan *sequence ASL 3D perfusi axial* dan bagian otak yang di analisis.



Gambar 2. Tampilan *perfusi ASL axial* dengan warna yang menunjukkan *perfusi cerebral*.

## KESIMPULAN

Pemeriksaan MRI *brain* dengan klinis *stroke* dapat digunakan untuk evaluasi *stroke*, memberikan hasil akurat, cepat, dan *non-invasif* untuk melakukan penilaian. Dengan menggunakan peran metode ASL *perfusi brain* tidak memerlukan lagi media kontras. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan *head coil*, posisi pasien *supine*, *head first*. Menggunakan *sequence AAHEAD SCOUT, T1 FL2D TRANSVERSAL, T2 TSE (TIME SPIN ECHO) DARK FLUID TRANSVERSAL, T2 TSE (TIME SPIN ECHO) TRANSVERSAL, EP2D DIFF (DIFFUSION) 4SCAN TRACE, ASL 3D (ARTERIAL SPIN LABELING) TRANSVERSAL, TO FCS CAROTIDS, FLOW PC3D MRV (MAGNETIC RESONANCE VENOGRAPHY), TOF BRAIN MRA (MAGNETIC RESONANCE ANGIOGRAPHY), T2 SWI3D (SUSCEPTIBILITY WEIGHTED IMAGING) TRANSVERSAL.*

Peran Metode Arterial Spin Labeling (ASL) Pada MRI *Brain Perfusi* Dengan Kasus *Stroke*, tujuannya untuk melihat apakah dengan menggunakan *sequence ASL* lebih spesifik melihat kelainan pada *brain*. Sebelum pemeriksaan MRI *brain perfusi sequence ASL*, pastikan alat MRI telah diatur dengan benar untuk memastikan akuisisi gambar ASL yang berkualitas, supaya menghasilkan gambaran yang akurat. Dan sebaiknya dikombinasikan dengan dengan *sequence* lain seperti *T1-weighted, T2-weighted* untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif. Dan sebelum pemeriksaan ada baiknya dilakukan anamnesa dari pasien untuk meminimalisir gangguan farmakologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Belani, P. *et al.* (2020) 'Addition of arterial spin-labelled MR perfusion to conventional brain MRI: Clinical experience in a retrospective cohort study', *BMJ Open*, 10(6), pp. 1–6. doi: 10.1136/bmjopen-2020-036785.
- Ferré, J. C. *et al.* (2013) 'Arterial spin labeling (ASL) perfusion: Techniques and clinical use', *Diagnostic and Interventional Imaging*, 94(12), pp. 1211–1223.
- Geethanath, S. and Vaughan, J. T. (2019) 'Accessible magnetic resonance imaging: A review', *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 49(7), pp. e65–e77. doi: 10.1002/jmri.26638.
- Grade, M. *et al.* (2015) 'A neuroradiologist's guide to arterial spin labeling MRI in clinical practice', *Neuroradiology*, 57(12), pp. 1181–1202. doi: 10.1007/s00234-015-1571-z.
- Kartikasari, Y. *et al.* (2020) 'Perbedaan Informasi Citra Anatomi Sekuen Diffusion Weighted Imaging (Dwi) Antara Penggunaan Propeller Dengan Tanpa Propeller Pada Pemeriksaan Mri Brain Dengan Kasus Stroke', *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 6(1), pp. 36–43. doi: 10.31983/jimed.v6i1.5565.
- Liu, T. T. and Brown, G. G. (2007) 'Measurement of cerebral perfusion with arterial spin labeling: Part 1. Methods', *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(3), pp. 517–525. doi: 10.1017/S1355617707070646.
- Petcharunpaisan, S. (2010) 'Arterial spin labeling in neuroimaging', *World Journal of Radiology*, 2(10), p. 384. doi: 10.4329/wjr.v2.i10.384.
- Prayoga, A., Nugraheni, H. and Fatmasari, D. (2020) 'Sequence application of Brain mri with orthodontic bracket', *Jurnal Riset Kesehatan*, 9(1), pp. 48–55. doi: 10.31983/jrk.v9i1.5690.
- Saefulloh, H. and Masrochah, S. (2018) 'Perbedaan Kualitas Citra Signal To Noise ( Snr ) Pada Penggunaan Sensitivity Encoding ( Sense ) Pada Pemeriksaan Magnetic Resonance Cholangiopancreatography Pada Sekuens Tse Potongan T2 Coronal the Differences Image Quality of Signal To Noise Ratio ( Snr', 4(2), pp. 85–89.
- Sriyatun, S. *et al.* (2020) 'Pemeriksaan Mri Pelvis Wanita Dengan Klinis Endometriosis', *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 3(2), pp. 59–62. doi: 10.55451/jri.v3i2.69.