

RS AWAL BROS

PERSI AWARDS 2025

Innovation in Healthcare IT

**MRI 5 Menit untuk Indonesia Sehat :
Terobosan Optimasi Waktu Pemindaian
60% untuk Layanan Diagnostik yang
Lebih Cepat dan Ramah Pasien**

Yuddie I Setyawan, Putu Widhyantara

RS AWAL BROS BATAM

LEMBAR PENGESAHAN

	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Disiapkan oleh	Yuddie I Setyawan, S.KKK, M.H	Kepala Ruangan Radiologi		12/08/2025
Diperiksa oleh	dr. Putri Yuliani, MARS	Ketua Komite Mutu RS		14/08/2025
Disahkan oleh	dr. Widya Putri, MARS	Direktur Rumah Sakit		15/08/2025

“MRI 5 Menit untuk Indonesia Sehat: Terobosan Optimasi Waktu Pemindaian 60% untuk Layanan Diagnostik yang Lebih Cepat dan Ramah Pasien”

Yuddie¹, Putu²

1. Ringkasan

Layanan MRI merupakan salah satu pemeriksaan penunjang diagnostik yang krusial dalam mendeteksi kelainan pada tulang belakang lumbal. Namun, waktu pemeriksaan yang lama sering menjadi hambatan, baik bagi pasien maupun fasilitas kesehatan. Di RS Awal Bros Batam, tim radiologi melakukan inovasi untuk memangkas waktu pemindaian MRI Lumbal hingga 60% dengan minimal kompromi pada kualitas diagnostik gambar. Inovasi ini berfokus pada optimalisasi protokol dengan mempertimbangkan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR), serta memanfaatkan teknik *parallel imaging* berbasis ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian imaging*).

2. Latar Belakang

Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging (MRI) lumbal merupakan salah satu prosedur penting dalam menegakkan diagnosis berbagai kelainan tulang belakang, saraf, dan jaringan lunak di sekitarnya. Namun, durasi pemeriksaan yang relatif lama sering kali menjadi kendala, terutama bagi pasien yang memiliki keterbatasan fisik, kesulitan mempertahankan posisi diam, atau mengalami nyeri berkepanjangan. Lamanya waktu akuisisi data juga dapat menimbulkan risiko *motion artifact*, yang pada akhirnya mengurangi kualitas gambar dan akurasi diagnosis. Di sisi lain, tingginya volume pasien serta keterbatasan slot waktu pemeriksaan menuntut adanya efisiensi dengan tetap menghasilkan citra yang bermutu diagnostik.

Inovasi ini dibuat sebagai upaya untuk menjawab tantangan tersebut melalui optimasi protokol pencitraan MRI lumbal dengan menyeimbangkan kecepatan akuisisi dan kualitas diagnostik gambar. Parameter teknis seperti ukuran matriks (*phase* dan *frequency*), jumlah NEX (*Number of Excitations*), serta teknik *parallel imaging* berbasis ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian imaging*) diatur sedemikian rupa untuk meningkatkan SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) dan CNR (*Contrast-to-Noise Ratio*) secara efisien. Pendekatan ini memungkinkan pengurangan waktu pemeriksaan secara signifikan, dengan kompromi minimal pada kualitas citra yang dihasilkan.

¹ Kepala Ruang Unit Radiologi, MRI *Technologist*, MRI *Book Writer*, *Radiographer*

² Kepala Pelayanan Unit Radiologi, *Radiologist*

RS AWAL BROS

Masalah utama yang perlu ditangani meliputi: (1) risiko penurunan kualitas gambar akibat pengurangan waktu akuisisi, (2) potensi munculnya artefak yang dapat mengganggu interpretasi radiologis, dan (3) kesesuaian protokol yang dioptimalkan terhadap berbagai kondisi pasien. Selain itu, tantangan lainnya adalah memastikan bahwa inovasi ini dapat diimplementasikan secara konsisten di lapangan, baik dari sisi ketersediaan teknologi MRI yang mendukung ARC maupun kompetensi operator dalam mengatur parameter teknis.

Dengan adanya inovasi ini, diharapkan waktu pemeriksaan dapat dipangkas secara signifikan tanpa mengurangi nilai diagnostik, sehingga meningkatkan kepuasan pasien, memperbaiki alur kerja radiologi, dan mendukung pelayanan kesehatan yang lebih efisien.

3. Tujuan

- a) Mengurangi durasi pemindaian MRI lumbal dari 15 menit menjadi sekitar 5 menit per pasien.
- b) Meningkatkan kapasitas pelayanan MRI harian dari 10 pasien menjadi minimal 30 pasien.
- c) Mempertahankan kepercayaan radiologis terhadap hasil gambar.
- d) Meningkatkan kepuasan pasien dengan pengalaman pemindaian yang lebih nyaman dan cepat.

4. Metodologi

Optimalisasi protokol MRI lumbal dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan bertahap yang mengintegrasikan modifikasi parameter teknis, penerapan teknologi akselerasi akuisisi, serta evaluasi objektif dan subjektif terhadap kualitas gambar. Tujuan utamanya adalah untuk mempersingkat waktu pemindaian tanpa mengorbankan nilai diagnostik citra, yang diukur melalui parameter *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR). Proses metodologi ini meliputi lima tahap utama:

- a) Penyesuaian Matriks Citra pada Dimensi *Phase* dan *Frequency*
Matriks citra pada MRI menentukan resolusi spasial dan jumlah data *k-space* yang harus diakuisisi. Matriks terdiri dari dua komponen utama, yaitu dimensi *frequency encoding* dan *phase encoding*. Waktu akuisisi sangat dipengaruhi oleh jumlah langkah pada dimensi *phase encoding*, karena setiap baris data *k-space* pada dimensi ini memerlukan pengulangan akuisisi. Dalam penelitian ini, matriks disesuaikan dengan cara mengurangi jumlah *phase encoding steps* secara hati-hati, menggunakan *rectangular field of view* (rFOV) bila memungkinkan, serta mengoptimalkan *frequency encoding* untuk menjaga aspek rasio dan menghindari artefak distorsi. Tujuannya adalah mengurangi total jumlah data yang diakuisisi, sehingga waktu pemindaian lebih singkat, namun tanpa degradasi signifikan pada

RS AWAL BROS

resolusi spasial dan kemampuan deteksi struktur anatomi halus pada lumbal.

b) Pengaturan Ulang Nilai NEX (*Number of Excitations*)

Parameter NEX, juga dikenal sebagai *Number of Signal Averages* (NSA), menentukan berapa kali setiap baris k-space diulang untuk meningkatkan SNR. Semakin tinggi nilai NEX, semakin baik SNR, tetapi waktu akuisisi bertambah secara linier. Dalam optimalisasi ini, nilai NEX diatur ulang untuk menemukan titik kompromi terbaik antara SNR yang memadai dan durasi pemindaian yang efisien. Pengaturan dilakukan berdasarkan hasil uji awal yang membandingkan nilai SNR dan CNR pada variasi NEX, serta mempertimbangkan toleransi pasien terhadap waktu pemeriksaan, khususnya pada pasien dengan nyeri punggung atau keterbatasan gerak.

c) Penerapan *Parallel Imaging Technique* menggunakan ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging*)

Teknik *parallel imaging* memanfaatkan koil penerima *multi-channel* untuk mengakuisisi data k-space secara bersamaan dari lokasi yang berbeda, sehingga mengurangi jumlah *phase encoding steps* yang diperlukan. Dalam penelitian ini, digunakan metode ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian imaging*) yang memungkinkan akuisisi data dengan faktor akselerasi optimal tanpa memerlukan *separate reference scan*. ARC melakukan kalibrasi secara otomatis dari data yang diakuisisi, sehingga meminimalkan waktu tambahan untuk persiapan dan mengurangi potensi artefak akibat perbedaan kondisi antara scan kalibrasi dan scan utama. Faktor akselerasi ditentukan berdasarkan uji coba awal untuk mencapai pemendekan waktu scan yang signifikan sambil menjaga SNR/CNR tetap dalam rentang diagnostik.

d) Evaluasi SNR dan CNR Pasca Optimasi

Setelah protokol dioptimalkan, dilakukan evaluasi kuantitatif terhadap kualitas gambar menggunakan parameter SNR dan CNR. SNR dihitung dengan membandingkan intensitas sinyal dari ROI (*Region of Interest*) pada jaringan target terhadap standar deviasi noise dari area bebas sinyal. CNR dihitung untuk menilai kontras antara dua jaringan berbeda, misalnya antara diskus intervertebralis dan sumsum tulang belakang. Perbandingan dilakukan antara citra sebelum dan sesudah optimasi, untuk memastikan bahwa penurunan waktu pemindaian tidak mengakibatkan degradasi kualitas gambar yang signifikan secara statistik.

e) Validasi Klinis oleh Dokter Radiolog

Langkah terakhir adalah validasi subjektif oleh dokter radiolog berpengalaman. Setiap set gambar dievaluasi berdasarkan kriteria

diagnostik, termasuk kejelasan anatomi, delineasi diskus dan saraf, visibilitas lesi atau abnormalitas, serta keberadaan artefak. Validasi klinis ini penting untuk memastikan bahwa meskipun terdapat penyesuaian teknis yang mempersingkat waktu pemindaian, citra yang dihasilkan tetap memenuhi standar diagnostik yang diperlukan untuk interpretasi klinis.

Metode ini memadukan prinsip optimasi teknis dengan verifikasi klinis sehingga hasil yang dicapai tidak hanya secara teoretis efisien, tetapi juga relevan secara praktis dalam pelayanan pasien. Keunggulan utama dari metodologi ini adalah kemampuan mempertahankan keseimbangan antara efisiensi operasional dan mutu diagnostik. Pendekatan serupa dapat diaplikasikan pada protokol MRI di area anatomi lain, selama penyesuaian parameter dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik anatomi target dan tujuan pemeriksaan.

5. Hasil dan Kesimpulan

Penerapan strategi optimasi protokol MRI Lumbal berbasis pengaturan matriks (*phase* dan *frequency*), penyesuaian NEX, serta pemanfaatan *parallel imaging technique* menggunakan ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian imaging*) menghasilkan pencapaian signifikan dalam efisiensi pemeriksaan. Waktu pemindaian yang sebelumnya berkisar 12–15 menit dapat dipangkas hingga 60%, menjadi **hanya sekitar 5 menit per pemeriksaan**, tanpa mengorbankan kualitas diagnostik citra.

Evaluasi objektif terhadap *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR) menunjukkan bahwa nilai keduanya tetap berada dalam batas optimal untuk interpretasi klinis. Hal ini diperkuat oleh penilaian subjektif radiolog yang tidak menemukan degradasi signifikan pada detail anatomi maupun kontras patologis. Dengan kata lain, hasil gambar tetap memenuhi standar diagnostik meskipun waktu akuisisi jauh lebih singkat.

Manfaat nyata dari inovasi ini dirasakan pada berbagai aspek:

1) Kenyamanan dan Kepuasan Pasien

Pasien tidak lagi harus berbaring diam dalam waktu lama di dalam *bore* MRI, yang sering kali menimbulkan rasa tidak nyaman atau cemas, terutama pada pasien lanjut usia, penderita nyeri punggung, atau individu dengan klaustrofobia. Waktu pemindaian yang lebih singkat juga mengurangi potensi artefak gerakan akibat ketidakmampuan pasien mempertahankan posisi.

2) Efisiensi Operasional Mesin MRI

Pemangkas waktu akuisisi berarti lebih banyak slot pemeriksaan dapat dialokasikan dalam satu hari kerja. Hal ini secara langsung meningkatkan

RS AWAL BROS

throughput layanan, mengoptimalkan utilisasi modal investasi mesin MRI yang bernilai tinggi, serta mengurangi waktu tunggu pasien.

3) Dampak Positif pada Alur Layanan Rumah Sakit

Dengan proses pemeriksaan yang lebih cepat, integrasi jadwal dengan bagian lain seperti instalasi radiologi, poliklinik, atau ruang tindakan menjadi lebih lancar. Ini mendukung prinsip *lean healthcare* yang mengutamakan efisiensi proses tanpa mengorbankan mutu pelayanan.

4) Peningkatan Produktivitas Tim Radiologi

Radiografer dapat menangani lebih banyak pasien tanpa kelelahan yang berlebihan akibat proses akuisisi yang panjang. Radiolog pun mendapat aliran data pencitraan yang stabil dan tepat waktu untuk dilaporkan.

5) Dampak Ekonomi dan Operasional

Dengan *throughput* yang meningkat, rumah sakit dapat melayani lebih banyak pasien tanpa menambah jam kerja atau beban operasional signifikan. Hal ini berkontribusi pada efisiensi biaya dan potensi peningkatan pendapatan layanan radiologi.

Keberhasilan ini membuktikan bahwa pendekatan ilmiah berbasis parameter teknis yang tepat dapat memberikan dampak nyata terhadap mutu pelayanan kesehatan. Optimasi protokol berbasis SNR, CNR, dan teknik ARC bukan sekadar upaya teknis, tetapi juga strategi manajemen pelayanan yang memadukan sains, teknologi, dan orientasi pada pasien.

Inovasi ini memberikan pesan kuat bahwa kemajuan layanan MRI tidak selalu bergantung pada pembelian perangkat keras baru atau teknologi mahal, melainkan dapat dicapai melalui pemahaman mendalam terhadap prinsip dasar pencitraan dan kreativitas dalam memanfaatkan fitur yang sudah ada. Dengan demikian, rumah sakit dapat memberikan layanan berkualitas tinggi, efisien, dan terjangkau, sekaligus meningkatkan kepuasan pasien dan citra institusi.

Pada akhirnya, pencapaian ini adalah bukti bahwa waktu lebih singkat bukan berarti kualitas berkurang. Justru, melalui perencanaan matang dan penerapan metode ilmiah, kita dapat mencapai keseimbangan ideal antara kecepatan, kualitas, dan kenyamanan, yaitu tiga pilar utama dalam pelayanan radiologi modern yang berorientasi pada pasien.