

Evaluasi Keselamatan Pasien Berdasarkan Desain, Tata Letak, dan Sistem Zonasi Fasilitas Magnetic Resonance Imaging (MRI) di Rumah Sakit Kota Surabaya

Muhaimin^{1*}, Sahra Zafhira Ekayafita², Berliana Devianti Putri³, Septiani Prihatiningsih⁴

Department of Health, Faculty of Vocational Studies, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia^{1,2,3,4}

*e-mail: muhammad@vokasi.unair.ac.id, sahrazafhira@gmail.com,
berliana.devianti@vokasi.unair.ac.id, septyani-prihatiningsih@vokasi.unair.ac.id

Diterima Redaksi: 27-06-2026; Selesai Revisi: -07-2026; Diterbitkan Online: 30-07-2026 24-7-2023

Abstrak

Magnetic resonance imaging merupakan salah satu teknologi pencitraan diagnostik yang mampu menghasilkan citra anatomi beresolusi tinggi tanpa menggunakan radiasi pengion. Teknologi ini memanfaatkan medan magnet yang kuat sehingga aspek keselamatan pasien menjadi bagian penting dalam perancangan dan pengoperasian fasilitas pemeriksaan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keselamatan pasien berdasarkan desain, tata letak, dan sistem zonasi fasilitas magnetic resonance imaging pada rumah sakit di Kota Surabaya. Penelitian menggunakan desain observasional deskriptif terhadap empat rumah sakit yang memiliki fasilitas magnetic resonance imaging. Data diperoleh melalui observasi langsung menggunakan instrumen yang disusun berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit serta pedoman keselamatan dari American College of Radiology. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian desain dan tata letak fasilitas berkisar antara 89% hingga 97%, sedangkan kesesuaian terhadap pedoman keselamatan berkisar antara 93% hingga 97%. Secara umum, sebagian besar fasilitas telah memenuhi standar nasional dan internasional sehingga mampu mendukung keselamatan pasien, petugas, dan lingkungan pemeriksaan melalui penerapan desain fasilitas dan sistem zonasi yang memadai. Meskipun sebagian besar fasilitas menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi, hasil penelitian ini terbatas pada empat rumah sakit sehingga tidak dapat digeneralisasikan sebagai representasi seluruh fasilitas MRI di Surabaya maupun Indonesia.

Kata Kunci: Desain Fasilitas Magnetic Resonance Imaging, Keselamatan Pasien, Magnetic Resonance Imaging, Sistem Zonasi Magnetic Resonance Imaging, Tata Letak Magnetic Resonance Imaging

Pendahuluan

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan salah satu modalitas pencitraan diagnostik paling canggih yang mampu menghasilkan citra anatomi beresolusi tinggi dengan kontras jaringan lunak yang sangat baik dibandingkan dengan modalitas radiologi lainnya. MRI memanfaatkan medan magnet statis yang kuat, gelombang radiofrekuensi, dan gradien medan magnet untuk menghasilkan gambaran organ dan jaringan tubuh secara rinci tanpa menggunakan radiasi

pengion. Keunggulan tersebut menjadikan MRI semakin luas digunakan dalam berbagai bidang klinis, termasuk neurologi, muskuloskeletal, onkologi, dan kardiovaskular (Al-Naser et al., 2024).

Meskipun MRI tidak menggunakan radiasi pengion, lingkungan MRI memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menyebabkan cedera serius bahkan kematian apabila prosedur keselamatan tidak diterapkan secara optimal. Risiko yang terkait dengan MRI meliputi efek proyektif akibat benda feromagnetik, luka bakar yang disebabkan oleh gelombang radiofrekuensi, gangguan fungsi perangkat medis implan, paparan tingkat kebisingan yang tinggi, serta keadaan darurat medis yang dapat terjadi selama pemeriksaan (Zandieh, Kanal, & Sherlock, 2025; Alghamdi et al., 2024). Seiring dengan meningkatnya jumlah pemeriksaan MRI dan penggunaan perangkat medis implan, kompleksitas pengelolaan keselamatan MRI juga semakin bertambah. Kraai, Loch, dan Sherlock (2018) melaporkan bahwa material logam tertentu memerlukan evaluasi keselamatan yang ketat untuk mencegah risiko perpindahan atau pemanasan selama pemeriksaan MRI. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Nazarian et al. (2019) dan Nguyen et al. (2021) menunjukkan bahwa pemeriksaan MRI pada pasien dengan perangkat jantung yang telah diklasifikasikan sebagai MRI-ready atau MRI-conditional dapat dilakukan secara aman apabila mengikuti protokol keselamatan yang sesuai. Lebih lanjut, Pedrosa et al. (2025) menegaskan bahwa konsep keselamatan MRI modern tidak hanya berfokus pada perangkat MRI itu sendiri, tetapi juga mencakup desain fasilitas, sistem zonasi, pengendalian akses, kompetensi personel, serta manajemen risiko yang berkelanjutan.

Berbagai laporan menunjukkan bahwa sebagian besar insiden yang berkaitan dengan MRI disebabkan oleh kegagalan dalam penerapan prosedur keselamatan dan kesalahan manusia (human error), bukan akibat kerusakan teknis pada sistem MRI itu sendiri (Kanal et al., 2024). Tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Baker, Cousins, dan England (2024) mengidentifikasi bahwa insiden keselamatan MRI yang paling sering terjadi meliputi masuknya benda feromagnetik ke dalam ruang magnet, ketidaktepatan proses skrining pasien, penggunaan peralatan yang tidak kompatibel dengan MRI, serta ketidakpatuhan terhadap prosedur keselamatan yang telah ditetapkan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa desain fasilitas MRI dan sistem manajemen keselamatan memiliki peranan yang sangat penting dalam mencegah terjadinya insiden yang merugikan.

Salah satu kecelakaan MRI yang menjadi perhatian dilaporkan oleh Imaging Technology News pada tahun 2018. Dalam kejadian tersebut, seorang petugas rumah sakit meninggal dunia akibat kecelakaan yang terjadi di area MRI. Petugas tersebut mengantar pasien ke area MRI menggunakan kursi roda dan tabung oksigen tanpa melalui proses skrining keselamatan yang memadai. Karena pintu menuju Zona IV dalam kondisi terbuka, tabung oksigen tertarik secara cepat oleh medan magnet sehingga petugas terjepit di antara tabung oksigen dan bore MRI yang mengakibatkan cedera fatal hingga meninggal dunia (Zagoudis, 2018).

Insiden serupa juga pernah terjadi di Indonesia. Menurut laporan CNN Indonesia, kebakaran terjadi di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. Kariadi Semarang, Jawa Tengah, pada tanggal 30 Desember 2021. Hasil investigasi awal tim forensik mengindikasikan bahwa kebakaran kemungkinan disebabkan oleh korsleting listrik atau kegagalan peralatan pada sistem MRI yang saat itu sedang digunakan untuk pemeriksaan pasien. Saksi melaporkan adanya suara tidak normal dari stop kontak yang terhubung dengan alat MRI sebelum muncul asap tebal. Namun demikian, hasil akhir investigasi forensik belum diumumkan secara resmi pada saat laporan tersebut diterbitkan (CNN Indonesia, 2021).

Untuk mengurangi berbagai risiko tersebut, American College of Radiology (ACR) mengembangkan konsep keselamatan MRI berbasis empat zona yang terdiri atas Zona I, Zona II, Zona III, dan Zona IV. Sistem zonasi ini berfungsi sebagai mekanisme pengendalian akses untuk membatasi masuknya individu yang tidak berwenang maupun benda feromagnetik ke area dengan paparan medan magnet yang signifikan (Pedrosa et al., 2025). Selain itu, pembaruan ACR Manual

on MR Safety tahun 2024 menekankan pentingnya penerapan sistem peringatan visual, pelabelan standar untuk peralatan MR Safe, MR Conditional, dan MR Unsafe, serta pembentukan tim keselamatan MRI yang terdiri atas MR Medical Director, MR Safety Officer, dan MR Safety Expert guna mendukung budaya keselamatan MRI yang komprehensif (American College of Radiology, 2024; Pedrosa et al., 2025).

Di Indonesia, standar yang mengatur desain dan tata letak fasilitas MRI telah ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit. Regulasi tersebut mengatur berbagai aspek fasilitas MRI, termasuk dimensi ruangan, sistem zonasi, akses pasien, fitur keselamatan, serta fasilitas pendukung lainnya. Meskipun demikian, penelitian yang mengevaluasi tingkat kesesuaian desain dan tata letak fasilitas MRI terhadap standar keselamatan nasional maupun internasional masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian MRI di Indonesia lebih berfokus pada aspek teknik pencitraan dan kualitas citra dibandingkan dengan aspek keselamatan fasilitas MRI.

Urgensi penelitian ini semakin meningkat mengingat Kota Surabaya merupakan salah satu pusat rujukan pelayanan kesehatan terbesar di Indonesia bagian timur serta memiliki jumlah fasilitas MRI yang relatif banyak. Berdasarkan observasi pendahuluan, ditemukan adanya insiden masuknya tabung oksigen ke area medan magnet yang disebabkan oleh proses skrining yang kurang optimal dan lemahnya pengendalian akses. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan sistem zonasi saja belum cukup apabila tidak didukung oleh desain fasilitas yang memadai dan penerapan budaya keselamatan yang konsisten. Watson (2024) menyatakan bahwa sebagian besar insiden MRI dapat dicegah melalui perbaikan desain fasilitas, penguatan prosedur keselamatan, dan peningkatan kompetensi personel. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Jaimes, Gee, dan Murcia (2024), yang menunjukkan bahwa sistem pelaporan insiden keselamatan MRI dapat digunakan sebagai sarana untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan dalam pengelolaan risiko dan keselamatan pasien. Oleh karena itu, evaluasi terhadap desain, tata letak, dan sistem zonasi fasilitas MRI menjadi sangat penting untuk memastikan keselamatan pasien serta kesesuaian terhadap standar keselamatan MRI yang berlaku.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain observasional deskriptif untuk mengevaluasi keselamatan pasien berdasarkan desain dan tata letak fasilitas Magnetic Resonance Imaging (MRI) di rumah sakit yang berlokasi di Surabaya, Indonesia. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting fasilitas MRI dengan standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit serta American College of Radiology (ACR) Manual on MR Safety (2020, 2024).

Sebelum pengumpulan data, izin diperoleh dari setiap rumah sakit yang berpartisipasi. Penelitian ini secara eksklusif berfokus pada karakteristik fasilitas MRI dan tata ruang tanpa melibatkan identitas pasien atau informasi klinis, sehingga menjamin kerahasiaan baik institusi maupun subjek penelitian. Pengumpulan data dilakukan antara Februari hingga Juni 2023 di empat rumah sakit yang memiliki fasilitas MRI di Surabaya. Untuk menjaga kerahasiaan institusi, rumah sakit diidentifikasi sebagai Rumah Sakit A, Rumah Sakit B, Rumah Sakit C, dan Rumah Sakit D.

Populasi penelitian terdiri dari seluruh fasilitas MRI yang beroperasi di rumah sakit di wilayah Surabaya. Sampel dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria berikut: (1) rumah sakit memiliki fasilitas MRI yang aktif digunakan untuk pelayanan pasien; (2) rumah sakit memberikan izin untuk observasi fasilitas; dan (3) denah atau diagram tata letak ruang MRI tersedia untuk keperluan evaluasi.

Data dikumpulkan menggunakan lembar observasi terstruktur yang dikembangkan dari dua referensi utama, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 dan American College of Radiology (ACR) Manual on MR Safety (2020, 2024). Data desain dan tata letak tersebut merepresentasikan konstruksi dan instalasi modalitas MRI yang dalam jangka panjang tidak dapat diubah karena proses instalasi yang kompleks. Instrumen observasi dirancang untuk menilai beberapa aspek keselamatan fasilitas MRI, termasuk dimensi dan luas ruang MRI, ketersediaan ruang penunjang, penerapan sistem zonasi MRI (Zona I, Zona II, Zona III, dan Zona IV), keberadaan rambu keselamatan MRI, ketersediaan peralatan darurat dan keselamatan, kepatuhan penggunaan perangkat MR Safe, MR Conditional, dan MR Unsafe, serta sistem pengendalian akses di area MRI.

Untuk menjamin validitas isi, lembar observasi ditelaah melalui expert judgment oleh tenaga profesional radiologi dan radiografer berpengalaman yang terlibat dalam pengelolaan fasilitas MRI. Proses ini memastikan bahwa instrumen telah mencerminkan secara memadai persyaratan regulasi nasional maupun standar keselamatan MRI internasional.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung fasilitas MRI serta peninjauan dokumen pendukung, termasuk denah tata ruang MRI. Setiap komponen yang diamati dinilai berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan dalam lembar observasi. Sistem penilaian biner digunakan, di mana skor 1 menunjukkan kepatuhan terhadap standar yang ditetapkan dan skor 0 menunjukkan ketidakpatuhan. Hasil observasi kemudian dicatat dan diverifikasi terhadap denah fasilitas MRI yang disediakan oleh masing-masing rumah sakit.

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif untuk menentukan tingkat kepatuhan desain dan tata letak fasilitas MRI terhadap standar yang berlaku. Persentase kepatuhan dihitung menggunakan rumus berikut:

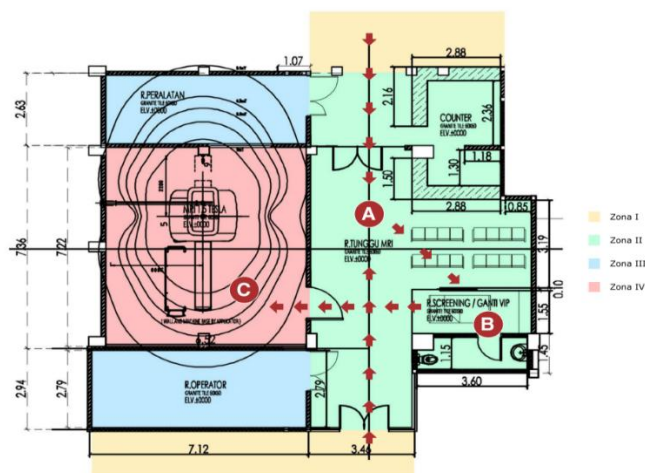
$$\text{Persentase Kepatuhan (\%)} = \left(\frac{\text{Jumlah Item yang Sesuai}}{\text{Total Jumlah Item yang Diamati}} \right) \times 100$$

Tingkat kepatuhan dihitung untuk keseluruhan desain dan tata letak fasilitas MRI serta untuk setiap zona keselamatan MRI, termasuk Zona I, Zona II, Zona III, dan Zona IV. Hasil penelitian kemudian disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan perbandingan antar rumah sakit dan memberikan gambaran komprehensif mengenai kepatuhan fasilitas MRI terhadap standar keselamatan pasien nasional dan internasional.

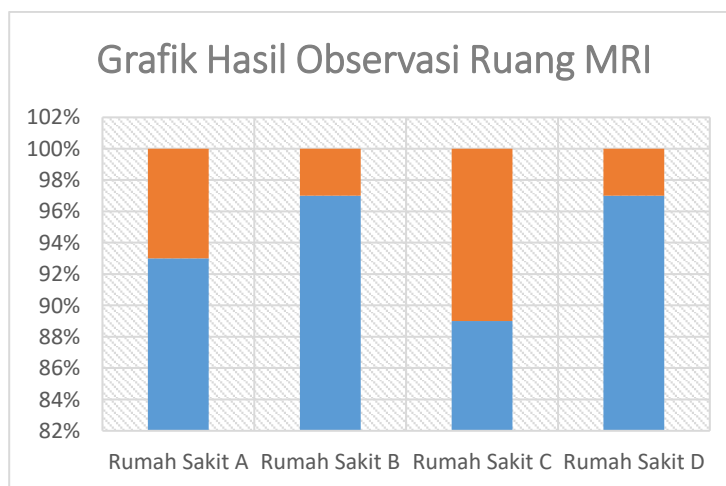
Hasil

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di rumah sakit di Surabaya, diperoleh hasil sebagai berikut: Gambar 1 menunjukkan desain ruang MRI di Rumah Sakit A, Gambar 2 menunjukkan desain ruang MRI di Rumah Sakit B, Gambar 3 menunjukkan desain ruang MRI di Rumah Sakit C, dan Gambar 4 menunjukkan desain ruang MRI di Rumah Sakit D.





Gambar 4. Desain Ruang MRI di Rumah Sakit D



Gambar 5. Grafik hasil observasi ruang MRI rumah sakit surabaya

Berdasarkan Gambar 5, hasil observasi ruang MRI di rumah sakit di Surabaya menunjukkan bahwa Rumah Sakit A memiliki tingkat kesesuaian sebesar 93% dan ketidaksesuaian sebesar 7%, yang disebabkan oleh tinggi ruang yang tidak mencapai 3,5 meter serta adanya variabel yang tidak sesuai pada Zona II dan Zona IV. Rumah Sakit B memiliki tingkat kesesuaian sebesar 97% dan ketidaksesuaian sebesar 3%, yang disebabkan oleh adanya variabel yang tidak sesuai pada Zona IV. Rumah Sakit C menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 89% dan ketidaksesuaian sebesar 11%, dengan ketidaksesuaian berupa panjang ruangan yang tidak mencapai 12,5 meter, tidak tersedianya APAR yang terverifikasi MR Conditional, serta adanya variabel yang tidak sesuai pada Zona IV. Sementara itu, Rumah Sakit D memiliki tingkat kesesuaian sebesar 97% dan ketidaksesuaian sebesar 3%, dengan temuan APAR di Zona II dan Zona III yang belum terverifikasi MR Conditional.



Gambar 6. Hasil Observasi Zona Ruang MRI di Rumah Sakit Surabaya

Berdasarkan Gambar 6, hasil observasi ruang MRI Zona I di rumah sakit di Surabaya menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 100%. Seluruh rumah sakit telah memiliki rambu Zona I di area pintu utama. Selain itu, akses pintu utama dapat dilalui oleh tempat tidur pasien, tidak terdapat perbedaan ketinggian lantai, serta dinding dan plafon memenuhi standar, yaitu keras, rata, tidak berpori, tahan cuaca, tidak berjamur, dan mudah dibersihkan.

Hasil observasi Zona II menunjukkan bahwa Rumah Sakit A memiliki tingkat kesesuaian sebesar 90% dan ketidaksesuaian sebesar 10%, dengan temuan berupa tidak tersedianya resepsionis dan peralatan resusitasi darurat (Emergency Resuscitation Equipment). Rumah Sakit B memiliki tingkat kesesuaian sebesar 95% dan ketidaksesuaian sebesar 5%, dengan ketidaksesuaian berupa tidak tersedianya toilet pasien. Rumah Sakit C memiliki tingkat kesesuaian sebesar 95% dan ketidaksesuaian sebesar 5%, dengan temuan tidak tersedianya Emergency Resuscitation Equipment. Sementara itu, Rumah Sakit D juga memiliki tingkat kesesuaian sebesar 95% dan ketidaksesuaian sebesar 5%, dengan ketidaksesuaian berupa tidak tersedianya Emergency Resuscitation Equipment.

Pada Zona III, hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh rumah sakit (Rumah Sakit A, B, C, dan D) telah mencapai tingkat kesesuaian 100%, sehingga seluruh aspek pada zona ini telah memenuhi standar yang ditetapkan. Pada Zona IV, Rumah Sakit A memiliki tingkat kesesuaian sebesar 93% dan ketidaksesuaian sebesar 7%, dengan temuan tidak tersedianya lampu merah di atas pintu masuk ruang MRI. Rumah Sakit B juga memiliki tingkat kesesuaian sebesar 93% dan ketidaksesuaian sebesar 7%, dengan temuan serupa, yaitu tidak tersedianya lampu merah di atas pintu masuk ruang MRI. Rumah Sakit C menunjukkan kondisi yang sama dengan tingkat kesesuaian 93% dan ketidaksesuaian 7% akibat tidak adanya lampu merah di atas pintu masuk ruang MRI. Sementara itu, Rumah Sakit D telah memenuhi seluruh kriteria Zona IV dengan tingkat kesesuaian 100%.

Pembahasan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit serta ACR Manual on MR Safety, sebagian besar ruang MRI pada rumah sakit yang diteliti telah memenuhi persyaratan desain dan tata letak ruang MRI. Namun demikian, masih ditemukan beberapa ketidaksesuaian yang berpotensi memengaruhi implementasi keselamatan pasien dan petugas. Salah satu temuan penting adalah belum terpenuhinya ukuran minimum ruang MRI pada beberapa rumah sakit. Luas ruang MRI yang direkomendasikan bertujuan untuk mengakomodasi pergerakan pasien, petugas,

serta peralatan pendukung, sekaligus menyediakan ruang yang memadai untuk prosedur evakuasi dalam keadaan darurat. Keterbatasan lahan rumah sakit, khususnya pada rumah sakit yang dibangun sebelum berkembangnya standar MRI modern, sering menjadi faktor penyebab tidak terpenuhinya spesifikasi tersebut. Meskipun demikian, Pedrosa et al. (2025) menegaskan bahwa keselamatan MRI tidak hanya ditentukan oleh dimensi ruang, tetapi juga oleh efektivitas sistem pengendalian akses, manajemen risiko, serta penerapan budaya keselamatan yang berkelanjutan (Pedrosa et al., 2025).

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak seluruh rumah sakit menggunakan garis pembatas fisik pada lantai sebagai pemisah antar zona MRI. Namun demikian, seluruh fasilitas telah menerapkan sistem zonasi dan memasang rambu-rambu keselamatan pada setiap area. Sistem zonasi merupakan komponen fundamental dalam keselamatan MRI karena berfungsi mengendalikan akses menuju area medan magnet berisiko tinggi. ACR merekomendasikan pembagian area MRI menjadi empat zona untuk mencegah masuknya individu yang belum menjalani skrining maupun benda feromagnetik yang berpotensi menyebabkan projectile accident. Keberadaan rambu zona, tanda bahaya feromagnetik, serta label MR Safe, MR Conditional, dan MR Unsafe pada peralatan menunjukkan bahwa sebagian besar rumah sakit telah menerapkan prinsip identifikasi risiko sesuai standar internasional. Temuan ini sejalan dengan Baker et al. (2024) yang menyatakan bahwa pelabelan peralatan dan sistem informasi visual merupakan langkah penting dalam mengurangi insiden keselamatan MRI yang berkaitan dengan penggunaan perangkat yang tidak kompatibel dengan medan magnet.

Pada Zona IV, seluruh rumah sakit telah memasang tanda peringatan bahaya medan magnet seperti “The Magnet is Always On” serta simbol bahaya benda feromagnetik. Keberadaan rambu tersebut sangat penting mengingatkan magnet MRI tetap aktif selama 24 jam meskipun pemeriksaan tidak sedang berlangsung. Menurut Kanal et al. (2024), sebagian besar kecelakaan MRI masih disebabkan oleh kegagalan skrining dan masuknya benda feromagnetik ke ruang magnet, bukan akibat kegagalan teknologi MRI itu sendiri. Oleh karena itu, penggunaan sistem peringatan visual yang jelas merupakan komponen penting dalam strategi mitigasi risiko di lingkungan MRI.

Pada Zona II ditemukan bahwa seluruh rumah sakit memiliki fasilitas toilet, namun terdapat satu rumah sakit yang hanya menyediakan toilet untuk petugas dan tidak menyediakan toilet khusus pasien. Ketersediaan fasilitas pendukung pada Zona II penting untuk meningkatkan kenyamanan pasien selama proses persiapan pemeriksaan. Selain itu, hanya satu rumah sakit yang memiliki Emergency Resuscitation Equipment di Zona II. Rumah sakit lainnya tidak menyediakan peralatan tersebut karena lokasi ruang MRI berdekatan dengan Instalasi Gawat Darurat (IGD). Secara operasional, kondisi ini dapat dipahami karena fasilitas resusitasi tersedia di IGD sesuai Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 856 Tahun 2009. Namun demikian, pedoman keselamatan MRI terbaru menekankan bahwa kesiapan penanganan kegawatdaruratan harus mempertimbangkan waktu respons (response time) dan aksesibilitas peralatan dalam kondisi kritis. Pedrosa et al. (2025) menyatakan bahwa setiap fasilitas MRI perlu memiliki prosedur kegawatdaruratan yang jelas untuk menjamin keselamatan pasien apabila terjadi henti jantung, reaksi obat kontras, maupun kondisi medis akut lainnya selama pemeriksaan.

Temuan lain yang perlu mendapat perhatian adalah keberadaan APAR pada Zona II dan Zona III. Dua rumah sakit telah menggunakan APAR jenis water mist kelas A, B, dan C yang relatif lebih aman digunakan di lingkungan MRI. Namun, salah satu APAR tersebut belum memiliki verifikasi MR Conditional. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko keselamatan karena peralatan yang mengandung komponen feromagnetik dapat tertarik oleh medan magnet dan berubah menjadi proyektil berkecepatan tinggi. Studi Baker et al. (2024) menunjukkan bahwa insiden yang melibatkan benda feromagnetik masih menjadi salah satu kejadian keselamatan MRI yang paling sering dilaporkan di berbagai negara. Oleh karena itu, seluruh peralatan yang

ditempatkan pada Zona III dan Zona IV harus melalui proses verifikasi kompatibilitas MRI sesuai klasifikasi MR Safe atau MR Conditional.

Selain itu, hampir seluruh rumah sakit belum memiliki lampu indikator merah pada pintu masuk Zona IV yang menyala ketika sistem MRI sedang beroperasi. Meskipun MRI tidak menggunakan radiasi pengion sehingga istilah “penyinaran” kurang tepat digunakan, lampu indikator tetap memiliki fungsi penting sebagai penanda visual bahwa area magnet sedang aktif dan akses ke ruang magnet harus dibatasi. Pedoman ACR terbaru menempatkan sistem peringatan visual sebagai salah satu elemen penting dalam pengendalian akses ke Zona IV. Tidak adanya lampu indikator dapat mengurangi kewaspadaan petugas maupun pengunjung yang tidak familiar dengan lingkungan MRI, terutama pada fasilitas dengan lalu lintas pasien yang tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi desain dan tata letak ruang MRI di rumah sakit di Surabaya telah memenuhi sebagian besar persyaratan keselamatan yang ditetapkan oleh regulasi nasional maupun standar internasional. Namun demikian, masih diperlukan peningkatan pada beberapa aspek, terutama optimalisasi fasilitas kegawatdaruratan, penggunaan peralatan yang telah terverifikasi MR Conditional, pemasangan sistem peringatan visual pada Zona IV, serta penguatan sistem manajemen keselamatan MRI. Upaya tersebut penting untuk mendukung terciptanya budaya keselamatan yang komprehensif serta meminimalkan risiko insiden yang dapat membahayakan pasien, petugas, maupun pengunjung fasilitas MRI.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu jumlah sampel rumah sakit yang relatif sedikit, cakupan penelitian yang hanya dilakukan di satu kota, serta pendekatan observasional yang tidak mengevaluasi kejadian insiden keselamatan MRI secara langsung.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa implementasi desain, tata letak, dan sistem zonasi fasilitas MRI pada empat rumah sakit di Kota Surabaya secara umum telah memenuhi sebagian besar persyaratan keselamatan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 dan ACR Manual on MR Safety. Tingkat kesesuaian fasilitas berkisar antara 89% hingga 97%, yang menunjukkan bahwa prinsip dasar keselamatan MRI telah diterapkan pada seluruh rumah sakit yang diteliti. Meskipun demikian, masih ditemukan beberapa aspek yang memerlukan perbaikan, terutama pada rumah sakit dengan tingkat kesesuaian lebih rendah, meliputi verifikasi kompatibilitas MR Conditional untuk APAR yang ditempatkan di area MRI, pemasangan lampu indikator visual pada pintu masuk Zona IV, optimalisasi kesiapsiagaan fasilitas kegawatdaruratan, serta penguatan sistem manajemen keselamatan dan pengendalian akses sesuai standar ACR. Temuan ini memberikan implikasi praktis bagi pengelola rumah sakit untuk meningkatkan keselamatan operasional fasilitas MRI, sekaligus menjadi masukan bagi pembuat kebijakan dalam penyusunan standar audit dan evaluasi keselamatan MRI secara berkala di Indonesia. Mengingat penelitian ini hanya melibatkan empat rumah sakit di Kota Surabaya, penelitian dengan cakupan wilayah dan jumlah fasilitas yang lebih luas diperlukan agar diperoleh gambaran implementasi keselamatan MRI yang lebih representatif..

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh rumah sakit di Surabaya yang telah memberikan izin serta memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan apresiasi kepada seluruh staf radiologi, radiografer MRI, serta pihak manajemen rumah sakit atas kerja sama, bantuan, dan dukungan yang diberikan selama proses pengumpulan data.

Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada Departemen Kesehatan Fakultas Vokasi Universitas Airlangga atas dukungan akademik yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengapresiasi seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilaksanakan secara mandiri tanpa memperoleh pendanaan dari sumber eksternal mana pun.

Referensi

- Alghamdi, S. A., Alharbi, M. A., Alzahrani, R. A., & Alshammari, A. M. (2024). Assessment of patients' knowledge and perceptions of MRI scans and safety in Saudi Arabia. *Frontiers in Public Health*, 12, 1439131.
- Al-Naser, Y. A., Alhassan, M., & Khan, A. (2024). MRI patient safety and care. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing.
- American College of Radiology. (2020). ACR manual on MR safety (Version 1.0). American College of Radiology.
- American College of Radiology. (2024). ACR manual on MR safety. Reston, VA. American College of Radiology.
- Baker, C., Cousins, C., & England, A. (2024). Systematic review of MRI safety literature in relation to adverse events and risk management. *Journal of Medical Radiation Sciences*, 71(3), 356–368.
- CNN Indonesia. (2021). Detik-detik kebakaran ruang MRI RS Dokter Kariadi Semarang. Retrieved from <https://cnnindonesia.com/nasional/20211230201941-20-740792/detik-detik-kebakaran-ruang-mri-rs-dokter-kariadi-semarang>
- Jaimes, C., Gee, M. S., & Murcia, D. J. (2024). Identification of quality improvement areas in MRI patient safety through incident reporting systems. *Pediatric Radiology*, 54(2), 210–218.
- Kanal, E., Ittermann, B., Calamante, F., & Shellock, F. G. (2024). Recommended responsibilities for management of MR safety. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 59(4), 1120–1128.
- Kraai, T. L., Loch, R. B., & Shellock, F. G. (2018). Assessment of MRI safety issues for stainless steel sutures used for microtia reconstruction. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 71(10), 1469–1475. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.05.050>
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 856/Menkes/SK/IX/2009 tentang Standar Instalasi Gawat Darurat (IGD) Rumah Sakit. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2009.
- Nazarian, S., Cantillon, D. J., Woodard, P. K., Mela, T., Cline, A. M., & Strickberger, A. S. (2019). MRI safety for patients implanted with the MRI Ready ICD system: MRI Ready study results. *JACC: Clinical Electrophysiology*, 5(8), 935–943.
- Nguyen, T. D., Sandberg, S. A., Durrani, A. K., Mitchell, K. W., Keith, M. D., Gleva, M. J., & Woodard, P. K. (2021). The cumulative effects and clinical safety of repeat magnetic

resonance imaging on an MRI-conditional pacemaker system at 1.5 tesla. *Heart Rhythm* O2, 2(1), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2020.12.018>

Pedrosa, I., Altman, D. A., Dillman, J. R., Hoff, M. N., McKinney, A. M., Reeder, S. B., Rogg, J. M., ... Watson, R. E. (2025). American College of Radiology manual on MR safety: 2024 update and revisions. *Radiology*, 315(1), e241405. <https://doi.org/10.1148/radiol.241405>

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016. (2016). Persyaratan teknis bangunan dan prasarana rumah sakit.

Watson, R. E. (2024). Lessons learned from MRI safety events: Implications for clinical practice and facility design. *Current Radiology Reports*, 12(8), 1–9.

Zagoudis, J. (2018). Indian man killed in MRI accident. *Imaging Technology News*. Retrieved from <https://www.itnonline.com/content/indian-man-killed-mri-accident>

Zandieh, G., Kanal, E., & Shellock, F. G. (2025). Updates on the MR safety guidelines: Essentials for radiologists and MRI personnel. *Clinical Imaging*, 120, 110475.