

Original paper

## PENENTUAN NILAI SIGNAL TO NOISE RATIO PADA CITRA MAGNETIC RESONANCE IMAGING BERDASARKAN VARIASI TIME REPETITION TIME ECHO

Nindy Arty<sup>1</sup>, Syamsir Dewang<sup>1\*</sup>, Sri Dewi Astuty<sup>1</sup>, Rifaldi<sup>1</sup>, Purwanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fisika Medik, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia, 90245.

<sup>2</sup>Instalasi Radiologi, RS dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar, Indonesia, 90245.

Email: dewang1163@gmail.com

Received: 1 Januari 2024; revised: 11 Januari 2024; accepted: 15 Januari 2024

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi citra fantom Sionil pesawat Magnetic Resonance Imaging (MRI) SIGNA Pioneer 3T berdasarkan variasi nilai Time Repetition (TR) dan Time Echo (TE). Parameter yang dianalisis berupa nilai citra obyek fantom berupa signal dan noise yang dibandingkan dengan daerah background sehingga diperoleh nilai signal-to-noise ratio (SNR). Fantom Sionil berbahan dasar dimethyl silicone fluid, gadolinium dan colorant. TR divariasikan pada 600, 1200, 1800, 2400, 3000, dan 3600 ms, sedangkan TE pada 60, 80, 100, dan 120 ms. Tebal irisan 4 mm serta jarak antar irisan 0,4 mm dari dasar fantom. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai TE dan TR untuk setiap pengamatan berbeda dengan nilai konfigurasi, tetapi menghasilkan nilai signal maupun noise yang relatif konstan pada setiap pengulangan dengan faktor yang sama. Untuk menghasilkan SNR terbaik, nilai TR yang lebih tinggi dan nilai TE yang lebih rendah harus dioptimalkan. Pemilihan TR yang cukup tinggi untuk pemulihan signal maksimal tanpa memperpanjang waktu pemindaian secara signifikan, dan TE yang cukup pendek untuk mengurangi noise dan degradasi signal.

**Kata Kunci:** Time Repetition, Time Echo, Signal to noise ratio, Magnetic Resonance Imaging, fantom Sionil.

### PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah salah satu alat dalam bidang radiologi diagnostik yang menghasilkan citra potongan penampang tubuh/organ manusia dengan medan magnet kuat 0,064–1,5 T. Pemanfaatan medan magnet dan gelombang radio menawarkan alternatif yang lebih aman dibandingkan diagnostik dengan sumber sinar-X. Keunggulan utama MRI adalah tidak bersifat radiasi ionisasi

sebagaimana dengan penggunaan sinar-X yang berpotensi menimbulkan efek berbahaya seperti kanker [1]. MRI memiliki prinsip berbeda dengan mekanisme sinar-X umum, yaitu melalui tahap fase presesi, fase resonansi dan fase relaksasi [2]. Kualitas citra tergantung pada banyaknya parameter. MRI akan menghasilkan citra detail dengan kontras tinggi, memungkinkan dokter untuk mengevaluasi anatomi dan patologi jaringan tubuh secara teliti [3]. Fantom American College of Radiology (ACR), yang

dikembangkan berdasarkan rekomendasi Task Group (TG)-233 dari *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM), digunakan oleh para ahli fisika untuk mengukur dan menilai berbagai aspek kinerja pemindai MRI. Metrik yang dievaluasi meliputi homogenitas medan magnet, akurasi geometrik, ketebalan irisan, kemampuan mendeteksi kontras rendah, resolusi spasial kontras tinggi, akurasi posisi irisan, keseragaman gambar, dan kinerja koil frekuensi radio [4].

Analisis parameter kontrol kualitas pada MRI salah satunya adalah *signal-to-ratio* (SNR) yang mengukur perbandingan amplitude signal yang diterima oleh coil dengan amplitude *noise*. Pada dasarnya, semakin tinggi nilai SNR, maka kualitas citra semakin baik [2]. Kualitas citra MRI yang diukur dengan SNR, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: parameter pemindaian seperti TR (*Time Repetition*) dan TE (*Time Echo*). TR yang lebih panjang dan TE yang lebih pendek akan menyebabkan semakin tinggi pula SNR dan kualitas citra MRI yang dihasilkan [5]. TR adalah parameter yang menentukan berapa lama magnetisasi longitudinal dapat pulih sebelum menerima pulsa RF berikutnya. Jika TR panjang, pemulihan akan penuh sehingga lebih banyak magnetisasi yang akan berubah menjadi magnetisasi transversal pada pulsa RF berikutnya [6]. Sedangkan TE adalah jarak waktu dari pemberian pulsa 90 derajat hingga intensitas maksimal tercapai variasi dalam TR. TE dapat memengaruhi signal yang dihasilkan dalam citra MRI [5].

Hasil penelitian terkait korelasi nilai TR dan TE terhadap SNR pada citra MRI menunjukkan bahwa dalam aplikasi klinis TE 120 ms biasa digunakan untuk mendapatkan citra T2W1. Pemilihan TR untuk mendapatkan citra T2W1 pada TR di atas 1500 ms tidak terlalu berpengaruh pada

perubahan SNR karena perubahan dengan nilai yang sangat kecil. Oleh karena itu, penggunaan TR yang tidak terlalu besar akan menghemat waktu pencitraan dengan hasil citra yang baik [7]. Hasil penelitian terkait pengaruh variasi TR dan TE terhadap kualitas citra dilakukan oleh Nizar dkk. [8] mengenai pendekatan eksperimental untuk mengetahui pengaruh TR terhadap kualitas citra. Ini meliputi nilai SNR, CNR, dan informasi citra pada pemeriksaan MRI Lumbal sekuens T2 *FSE* potongan sagital dengan variasi nilai TR. Hasil mereka menunjukkan hubungan antara variasi TR dengan SNR memiliki tingkat korelasi yang cukup kuat. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan ( $p=0.043$ ) atau ( $p>0.05$ ) antara CNR dengan variasi TR pada area anatomi CSFMS, DI-CSF, DI-CV dan CSF-MS dengan nilai korelasi rata-rata ( $r > 15\%$ ) yang artinya hubungan antara variasi TR dengan CNR memiliki tingkat korelasi yang kuat [8].

Penelitian lain terkait optimalisasi parameter *Bandwidth* dan TE untuk mengurangi suseptabilitas artifak dan *chemical shift* pada MRI menunjukkan bahwa variasi TE dan bandwidth berpengaruh signifikan terhadap nilai SNR dan CNR pada hasil citra T2 *Axial Gradient Echo MRI Shoulder*. Pengaruh kedua variasi tersebut adalah semakin kecil nilai TE dan BW didapatkan SNR yang meningkat. Jika TE diperbesar maka didapatkan CNR yang meningkat [1].

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini difokuskan pada deteksi TR dan TE dapat memengaruhi kualitas citra MRI. Namun, masih diperlukan analisis lebih mendalam untuk memahami bagaimana variasi keduanya secara spesifik mempengaruhi kualitas citra MRI. Studi ini mengkaji pengaruh variasi TR dan TE terhadap SNR pada citra MRI menggunakan

phantom dengan metode eksperimental kuantitatif.

### BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Ruang Instalasi Radiologi MRI dan CT-Scan Rumah Sakit Umum Pusat Dr Wahidin Sudirohusodo dengan menggunakan pesawat MRI 3 Tesla SIGNA Pioneer dan phantom dengan bahan *dimethyl silicone fluid, gadolinium dan colorant*. Pengambilan citra dilakukan dengan cara mengubah variasi parameter nilai TR dan nilai TE. Sebelum penelitian di mulai, dilakukan pemeriksaan pesawat terlebih dahulu untuk memastikan bahwa kondisi *scan* parameter pada pesawat dalam keadaan siap digunakan. Parameter *scan* diatur pada variasi TR: 600, 1200, 1800, 2400, 3000, dan 3600 ms; TE: 60, 80, 100, dan 120 ms. Ketebalan irisan 4 ml, jarak antar irisan (gap) 0,4 ml, sudut *flip* 90 derajat. Gambar MRI phantom yang diperoleh dari tahap pengambilan data diimport ke dalam *software* analisis citra. Kemudian, segmentasi dilakukan untuk memisahkan wilayah *signal* (ROI) dari wilayah *noise*. Selanjutnya, nilai *mean* dan *standard* deviasi dari *signal* dan *noise* dihitung di setiap ROI. Terakhir, rumus SNR digunakan untuk menghitung nilai SNR untuk setiap kombinasi nilai TR dan TE. Nilai SNR yang dihitung pada tahap sebelumnya dianalisis untuk mengetahui hubungannya dengan variasi parameter TR dan TE. Analisis statistik dilakukan untuk menguji hubungan antara variabel-variabel tersebut. Hasil analisis statistik kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan hubungan antara TR, TE, dan SNR. Interpretasi dari hasil analisis ini menjelaskan bagaimana variasi parameter TR dan TE memengaruhi nilai SNR pada citra.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

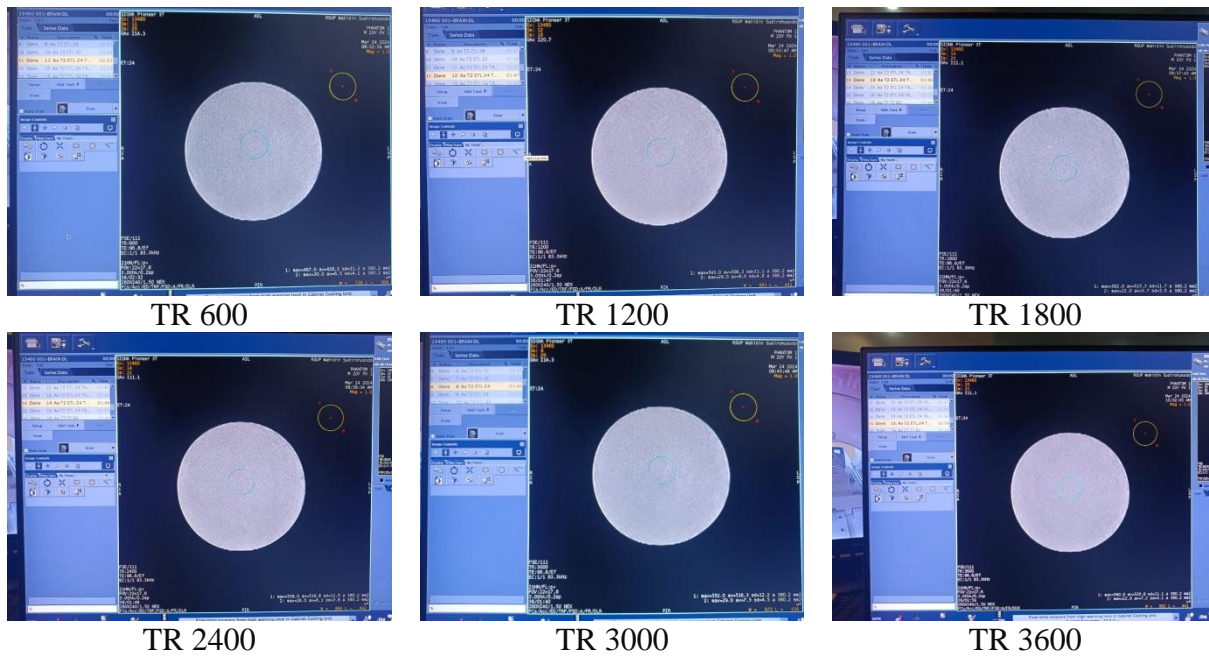
#### Analisis variasi nilai TR

TR adalah interval waktu antara dua pulsa eksitasi berturut-turut yang dikirimkan ke jaringan dalam MRI. Variasi nilai TR memiliki dampak signifikan pada kontras gambar dan signal yang diperoleh. Dengan menggunakan TR yang pendek, waktu pemindaian menjadi lebih cepat, sehingga menghasilkan gambar MRI dalam waktu yang lebih singkat. Hal Ini sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan pasien. Untuk pengukuran menggunakan metode phantom dengan cara mengubah variasi nilai TR untuk menganalisis pengaruh nilai TR terhadap SNR. Gambar 1 menampilkan hasil citra phantom variasi TR.

Analisis citra phantom MRI dilakukan dengan menempatkan dua ROI pada citra MRI phantom, ditandai pada area yang mewakili *Signal* (objek), yang biasanya mencakup minimal 75% dari keseluruhan area *phantom* sesuai dengan standar internasional AAPM. ROI untuk *noise* (*Background*) ditandai di area udara (warna hitam) pada citra dimana masing-masing ROI berdiameter 2 cm. Hasil pengukuran *Signal* dan *noise* ini kemudian digunakan untuk menilai kualitas gambar dari sistem MRI. Nilai *signal* dan *noise* yang terukur pada setiap ROI digunakan untuk penentuan nilai SNR [9].

**Tabel 1.** Hasil pengukuran variasi nilai TR.

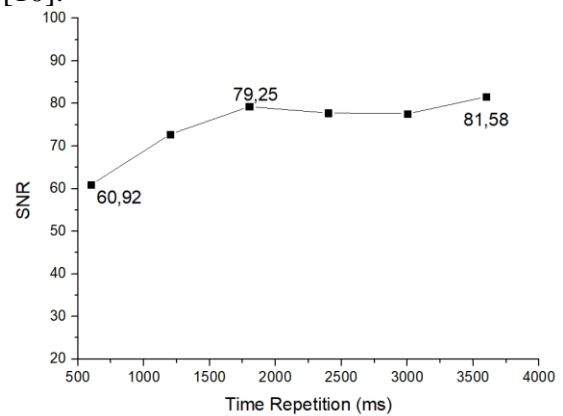
TR (ms)	Rata-rata signal	Rata-rata noise	SNR
600	430,52	4,28	60,92
1200	507,12	4,6	72,76
1800	513,92	4,28	79,25
2400	516,06	4,38	77,76
3000	514,56	4,38	77,54
3600	516,68	4,18	81,58



**Gambar 1.** Hasil citra fantom variasi nilai TR.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran *signal* dan *noise* pada variasi nilai TR untuk pengukuran 1 sampai 5. Analisis dilakukan untuk memahami pola dan data yang diperoleh terdapat perbedaan nilai *signal* rata-rata pada setiap variasi nilai TR. Nilai *signal* rata-rata terendah ditemukan pada TR 600 (430,52) dan nilai *signal* rata-rata tertinggi ditemukan pada TR 3600 (516,68). Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan SNR seiring dengan peningkatan TR hingga mencapai titik maksimal, yang kemudian menjadi konstan. Setelah mencapai nilai keseimbangan tersebut, penambahan waktu repetisi tidak lagi memberikan keuntungan dalam peningkatan *signal* yang diterima. Meskipun terdapat peningkatan nilai *signal* rata-rata seiring dengan peningkatan nilai TR, analisis menunjukkan fluktuasi nilai *signal* pada setiap pengukuran dalam satu variasi TR. Hal ini penting untuk mengoptimalkan parameter pencitraan MRI guna mencapai kualitas citra yang dibutuhkan tanpa memperpanjang waktu pemindaian. Sesuai dengan konsep fisika, semakin besar energi

semakin besar pula *signal* yang di hasilkan [10].



**Gambar 2.** Grafik SNR terhadap TR.

Gambar 2 menunjukkan profil SNR sepanjang variasi TR. TR adalah waktu jeda antara dua eksitasi pulsa radiofrekuensi (RF) berturut-turut pada MRI. Nilai SNR yang lebih tinggi menunjukkan gambar MRI yang lebih jelas dan detail. Garis kurva yang menghubungkan titik-titik data menunjukkan hubungan antara nilai TR dan SNR, titik-titik data pada grafik mewakili

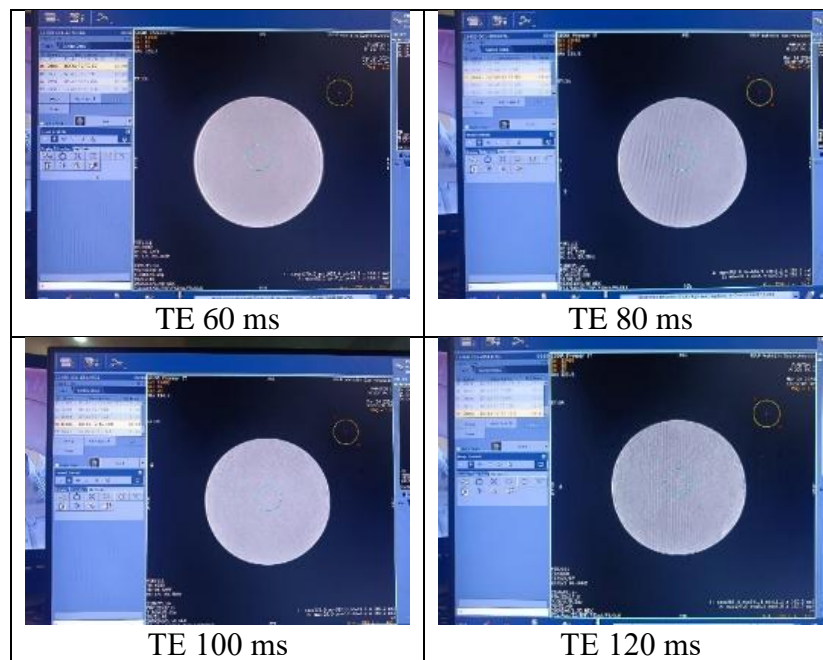
nilai SNR yang diukur pada berbagai nilai TR. Pada TR 600 ms - 1800 ms terlihat adanya hubungan positif antara TR dan SNR. Seiring dengan peningkatan nilai TR, nilai SNR juga meningkat. Kemudian, nilai SNR tertinggi (79.25) dicapai pada TR 1800 ms. Hal ini menunjukkan bahwa nilai TR 1800 ms optimal untuk menghasilkan gambar MRI fantom dengan kualitas terbaik dalam kondisi pengukuran ini. Nilai TR memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai SNR pada citra MRI fantom. Nilai TR optimal (1800 ms) dapat menghasilkan gambar dengan kualitas terbaik dan SNR yang tinggi [11].

#### Analisis variasi nilai *Time Echo* (TE)

TE adalah waktu antara penerapan pulsa eksitasi radiofrekuensi (RF) dan pengumpulan *signal echo*. Setelah proton dalam jaringan dipacu oleh pulsa RF, mereka berpresesi dan menghasilkan signal yang berkurang. Dengan mengatur TE, *signal echo* dikumpulkan pada titik waktu

tertentu. Gambar 3 menampilkan hasil citra *fantom* variasi nilai TE.

Metode analisis yang digunakan sama seperti metode analisis TR, bertujuan untuk memahami dan menginterpretasi hasil citra MRI fantom yang diperoleh dengan menggunakan ROI terhadap variasi nilai TE. ROI ditempatkan pada beberapa titik sebagai obyek dan *background* citra untuk mendapatkan nilai *Signal (average)* dan *noise (standard deviasi)* dari setiap ROI. Setiap ROI berdiameter 2 cm ditempatkan pada bagian objek dan pada bagian *background* gambar. Nilai *Signal* dan *noise* dihitung di dalam setiap ROI pada setiap variasi nilai TE. Perbedaan nilai *Signal* antara objek dan *background* kemudian dianalisis untuk memahami kontras gambar. Perbedaan nilai signal antara objek dan *background* kemudian dianalisis untuk memahami kontras gambar [10].

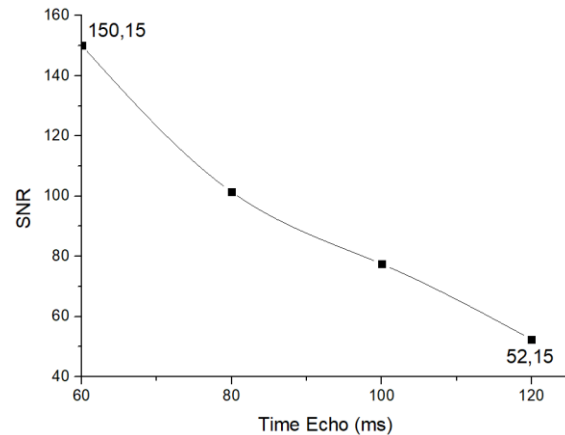


**Gambar 3.** Hasil citra *fantom* variasi nilai TE.

**Tabel 2.** Data nilai SNR citra phantom pada variasi nilai TE.

TE (ms)	Rata-rata signal	Rata-rata noise	SNR
60	1032,88	4,54	150,15
80	673,1	4,38	101,43
100	516,4	4,4	77,46
120	342,76	4,32	52,37

Berdasarkan Tabel 2, nilai TE memengaruhi kontras citra pada SNR yang tinggi karena *Signal* yang diterima lebih kuat dan kurang terdegradasi oleh *noise*. Tampak bahwa nilai SNR pada TE 120 ms jauh lebih rendah dari SNR pada TE 60 ms. Hal ini dikarenakan pada TE 120 ms magnetisasi sudah mengalami *decay* (peluruhan) jauh lebih besar dibanding TE 60 ms. Sebaliknya, TE yang sangat panjang nilai SNR dapat menurun karena selama waktu *echo* yang lebih lama. *Signal* mengalami degradasi lebih lanjut akibat relaksasi magnetisasi transversal. Semakin lama waktu yang berlalu antara eksitasi dan pengukuran *signal*, semakin besar kemungkinan *signal* tersebut mengalami peluruhan dan gangguan dari faktor eksternal seperti inhomogenitas medan magnet dan difusi molekuler. Akibatnya, *signal* yang diterima menjadi lebih lemah dan lebih rentan terhadap *noise*, sehingga SNR menurun pada TE yang sangat panjang. Variasi parameter TR dan TE memiliki pengaruh terhadap SNR pada pemindaian MRI. Pemilihan parameter TR dan TE yang tepat dapat meningkatkan kualitas citra MRI dan menghasilkan informasi yang lebih akurat.



**Gambar 4.** Grafik nilai SNR dengan variasi TE.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara *Time Echo* terhadap SNR. Seiring dengan peningkatan nilai TE, nilai SNR secara konsisten menurun. Hal ini terlihat dari pola melengkung pada titik data, menunjukkan bahwa hubungannya bukan linear. Penurunan pada TE rendah, terjadi antara TE 60 ms dan TE 80 ms, sehingga nilai TE awal memiliki dampak pada SNR. Penurunan bertahap pada TE tinggi. Di luar TE 80 ms, laju penurunan SNR menjadi lebih bertahap nilai SNR tertinggi (150,15) diperoleh pada TE 60 ms, menunjukkan bahwa nilai TE rendah menghasilkan gambar MRI dengan kualitas citra yang baik dalam kondisi pengukuran. Sedangkan nilai SNR terendah (52,36) diperoleh pada TE 120 ms, menunjukkan bahwa nilai TE tinggi menghasilkan gambar MRI dengan kualitas terendah. Ini berarti nilai TE tinggi menghasilkan citra MRI dengan kualitas terendah dan peningkatan *noise* termal. *Noise* termal menjadi lebih signifikan pada TE tinggi, sehingga meningkatkan tingkat *noise* dan menurunkan SNR. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai TE memiliki pengaruh terhadap nilai SNR pada citra MRI fantom. Penelitian ini menunjukkan hubungan antara SNR dan nilai TE bersifat signifikan. Variasi

parameter TR dan TE memiliki pengaruh terhadap SNR pada pemindaian MRI.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan nilai TR memiliki dampak signifikan pada SNR dalam citra MRI, dengan SNR meningkat secara bertahap dari 60,91 pada TR terendah hingga 81,57 pada TR tertinggi. Meskipun terdapat beberapa fluktuasi kecil, secara keseluruhan menunjukkan peningkatan SNR seiring dengan peningkatan TR yang dapat meningkatkan kualitas citra MRI. Sebaliknya, variasi nilai TE menunjukkan penurunan signifikan pada SNR, dari 150,15 pada TE terendah menjadi 52,36 pada TE tertinggi, karena *signal* semakin terdegradasi dan *noise* meningkat dengan bertambahnya waktu *echo*. Oleh karena itu, untuk menghasilkan SNR terbaik, nilai TR yang lebih tinggi dan nilai TE yang lebih rendah harus dioptimalkan. Pemilihan TR yang cukup tinggi untuk pemulihan *signal* maksimal tanpa memperpanjang waktu pemindaian secara signifikan, dan TE yang cukup pendek untuk mengurangi *noise* dan degradasi *signal*. Dengan kombinasi ini, citra MRI akan memiliki kualitas terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti SD, Astutik NVI, Muzamil A. Optimalisasi Parameter Bandwidth dan Time Echo untuk Mengurangi Susceptibility Artifacts dan Chemical Shift pada MRI. *Jurnal Biosains Pascasarjana*. 2017;19(3):237-245.
- [2] Hanisa H, Juliantara IPE, Saputra ES. Penatalaksanaan Pemeriksaan MRI Cervical Pada Kasus Syringomyelia Pada Medulla Spinalis Di Rumah Sakit Primaya Tangerang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*. 2023;2(2):30–40.
- [3] Aulia U & Tullah M. Pengaruh Ketebalan Spesimen Terhadap Kemampuan Menyerap Bunyi Pada Kombinasi Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) dan Serat Ekor Kucing (Typha Latifolia). *Jurnal Teknik Mesin*. 2022;10(1):7-11.
- [4] Sohn JJ, Lim S, Das IJ, Yadav P. An integrated and fast imaging quality assurance phantom for a 0.35 T magnetic resonance imaging linear accelerator. *Phys Imaging Radiat Oncol*. 2023;27:100462.
- [5] Suhardi S, Setiabudi W, Anam C. Upaya Peningkatan Kualitas Citra Mri Dengan Pemberian Media Kontras. *Berkala Fisika*. 2013;16(1):9-14.
- [6] Risa RH, Astina IKY, Supriyani N. Perbedaan Variasi Nilai *Time Repetition* (TR) 3440ms Dan 3470ms Terhadap Kualitas Citra MRI Knee Joint di Rumah Sakit Daerah Mangusada Badung. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Dan Kesehatan*. 2023;2(1):13-23.
- [7] Prastowo ATA, Setiabudi W, Anam C. Korelasi Nilai *Time Repetition* (TR) Dan Time Echo (TE) Terhadap Signal-To-Ratio (SNR) Pada Citra MRI. *Berkala Fisika*. 2013;16(4):103-110.
- [8] Nizar S, Fatimah F, Katili I. Pengaruh variasi *Time Repetition* (TR) terhadap kualitas citradan informasi citra pada

- pemeriksaan MRI lumbalsekuens T2 FSE potongan sagittal. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*. 2019;5(2):89-98.
- [9] Osman S, Hautefort C, Attyé A, Vaussy A, Houdart E, Eliezer M. Increased signal intensity with delayed post contrast 3D-FLAIR MRI sequence using constant flip angle and long repetition time for inner ear evaluation. *Diagn Interv Imaging*. 2022;103(4):225-229.
- [10] Karang ARDA, Sutapa GN, Negara IPSD. The Effect of Time Repetition Variation on Brain MRI Imaging Quality on T2 Weighted Sequences. *Kappa Journal*. 2024;8(1):70-74.
- [11] Kurniawan R, Hartoyo P, Sari NLK. Analisis Pengaruh Perubahan Number Scan Average Terhadap Signal-to-ratio Pada Citra MRI Brain Sekuen T2 Fast Spin Echo (FSE). *Jurnal Ilmiah GIGA*. 2018;21(1):1-4.