

PENGARUH PERUBAHAN TR TERHADAP NILAI CNR DAN EFISIENSI KONTRAS PADA CITRA MRI HEAD SEQUENCE T1 WEIGHTED IMAGE

Syamsul Hidayah, Heri Sutanto dan Rudi Sohidi Thohir

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail : syamsul.hidayah@gmail.com

ABSTRACT

MRI sequence difference produces different images. Sequence T1 weighted image (T1WI) uses to assess the anatomical image. To produce T1 Weighted Image needs low TE (time Echo) lower than 50 ms and low TR (Time Repetition) lower than 1500 ms. To produce a good image needs high contrast in order to differentiate tissues was examined. The purpose of this research is to know CNR maximum and contrast efficiency that accepted.

CNR value was obtained by measuring SNR white matter and gray matter for every image MRI Head T1WI with TR variation. The TR was used is 100 ms until 1500 ms with range 100 ms every image. Contrast efficiency value obtained by dividing the value of CNR with the square root of the scan time.

The CNR maximum value that has been obtained from this research is 40,55 in TR 800 ms. While contrast efficiency value that has been obtained is 2,57 in TR 600 ms.

Keywords: *MRI, T1 Weighted Image, CNR optimum, contrast efficiency*

ABSTRAK

Perbedaan sequence MRI menghasilkan citra yang berbeda- beda. Sequence T1 Weighted Image (T1WI) digunakan untuk menilai citra anatomi. Untuk menghasilkan citra T1WI diperlukan Time Echo (TE) yang kecil yaitu kurang dari 50 ms dengan dan Time Ripitation (TR) yang kecil yaitu kurang dari 1500 ms. Untuk menghasilkan citra yang baik diperlukan kontras yang tinggi agar dapat membedakan jaringan yang diperiksa. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Contrast to Noise Ratio (CNR) maksimum serta efisiensi kontras yang dapat diterima untuk citra MRI Head T1WI.

Nilai CNR didapatkan dengan mengukur nilai SNR white matter dan gray matter pada setiap citra MRI Head T1WI dengan variasi TR. TR yang digunakan adalah 100 ms sampai 1500 ms dengan rentang 100 ms setiap citra. Nilai efisiensi kontras didapatkan dengan membagi nilai CNR dengan akar kuadrat dari waktu pencitraan.

Nilai CNR maksimum yang didapatkan dari penelitian ini adalah 23,41 pada TR 800 ms. Sementara nilai efisiensi kontras dari penelitian ini adalah 2,57 pada TR 600 ms.

Kata Kunci: *MRI, T1 Weighted Image, CNR maksimal, efisiensi kontras.*

PENDAHULUAN

Pencitraan *Magnetic Resonance Image* (MRI) merupakan salah satu cara pemeriksaan diagnostik dalam ilmu kedokteran, khususnya radiologi yang menghasilkan citra potongan tubuh manusia dengan menggunakan medan magnet tanpa menggunakan sinar-x [1].

Perbedaan intensitas pada hasil citra MRI dengan pulsa *sequence* yang berbeda memiliki kelebihan masing-masing. Pada T1WI digunakan untuk mengetahui citra anatomi, T2WI digunakan untuk mengetahui patologi

yang akan tampak terang jika ada cairan, FLAIR digunakan untuk menekan sinyal *Cerebro Spinal Fluid* (CSF) yang tinggi pada gambar T2 *Weighted Image* sehingga patologi yang berdekatan dengan CSF dapat terlihat lebih jelas, sedangkan *proton density* digunakan untuk mengetahui perbedaan densitas atau kerapatan proton pada masing-masing jaringan [2]. Untuk menghasilkan citra T1WI diperlukan TE (*Time Echo*) yang kecil yaitu kurang dari 50 ms dengan TR (*Time Repetition*) yang rendah yaitu kurang dari 1500 ms [3]. Perbedaan TR pada citra T1WI

sangat mempengaruhi kontras citra serta waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan citra MRI.

. Belum pernah dilakukan penelitian untuk mengetahui pada TR manakah nilai kontras yang paling tinggi didapatkan dan pada TR manakah nilai kontras yang paling efisien. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh perubahan TR terhadap kontras dengan mencari nilai CNR (*Contrast to Noise Ratio*) untuk mengetahui nilai kontras dan juga perlu dicari nilai CNR yang paling efisien dengan mencari efisiensi kontras.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui CNR maksimum serta efisiensi kontras yang dapat diterima untuk citra T1 *Weighted Image* dengan membandingkan TR dengan skala 100 ms.

DASAR TEORI

Atom terdiri dari proton dan elektron yang mengorbit pada inti atom. Proton memiliki muatan positif sedangkan elektron memiliki muatan negatif. Selain memiliki muatan positif, proton memiliki *spin*. *Spin* adalah perputaran partikel bermuatan listrik yang berputar pada sumbunya sehingga menimbulkan arus listrik di sekitar sumbu putarnya [4]. Apabila proton ditembak oleh sejumlah pulsa yang mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi *armor*, maka resonansi akan terjadi, peristiwa ini dikenal dengan *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) Setelah pulsa RF dimatikan, spin yang anti paralel terhadap sumbu z akan kembali ke keadaan awal yang mengakibatkan NMV akan bergerak menuju bidang longitudinal. Nilai magnetisasi longitudinal akan muncul kembali dan bertambah besar, tetapi nilai komponen magnetisasi transversal semakin berkurang. Waktu yang dibutuhkan NMV untuk kembalinya 63 % ke magnetisasi longitudinal disebut waktu relaksasi longitudinal. Sementara waktu yang dibutuhkan komponen magnetisasi transversal

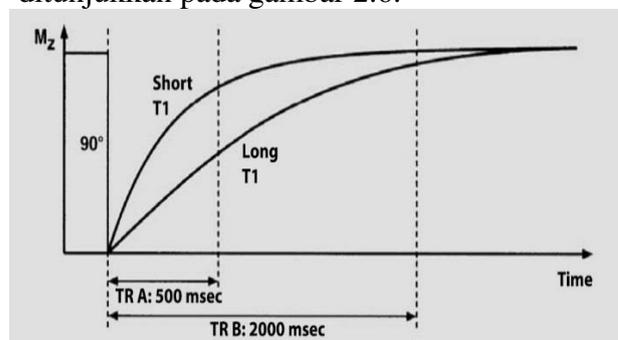
untuk meluruh hingga 37 % dari nilai awalnya disebut waktu relaksasi transversal [5].

Untuk menghasilkan citra T1WI, T2WI dan PD tergantung pada lamanya TR dan TE. Intensitas citra MRI pada suatu piksel ditentukan dengan persamaan:

$$I = N(H) \left(e^{\frac{-TE}{T_2^*}} \right) \left(1 - e^{\frac{-TR}{T_1}} \right) \tag{2.1}$$

Dengan N(H) adalah jumlah proton dan elektron pada atom hidrogen [6].

TR adalah waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan citra dalam satu slice. Citra dihasilkan dari pulsa *sequence* yang berturut-turut [7]. TR sangat mempengaruhi kontras T1. Waktu TR yang lama memungkinkan proton diseluruh jaringan memiliki waktu yang cukup untuk kembali ke arah medan magnet utama. Sedangkan waktu TR yang singkat akan mengakibatkan proton di beberapa jaringan tidak memiliki cukup waktu untuk kembali ke arah medan magnet utama [4]. Grafik hubungan antara TR dan T1 seperti ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 1 Hubungan antara TR dan kontras T1

Table 1 Perkiraan nilai T1 untuk beberapa jaringan [8]

Jaringan	Nilai T1 (ms) untuk B = 1,5 T
Fat	260
Liver	500
Muscle	870
Brain WM	780
Brain GM	920
CSF	2500

CNR adalah perbedaan SNR antara organ atau jaringan yang saling berdekatan. Mengukur CNR dapat dilakukan dengan mengukur selisih nilai SNR pada organ yang berdekatan atau antara dua jaringan dalam citra MRI [9]. Menghitung SNR dapat dilakukan dengan menghitung intensitas sinyal yang dihitung dengan *Region of Interest* (ROI) pada objek yang dinilai dibagi dengan standar deviasi dari intensitas sinyal dari wilayah diluar objek yang dinilai [4].

Efisiensi kontras digunakan untuk mencari kontras yang paling efektif. Efisiensi kontras didapatkan dengan membagi nilai CNR dengan akat kuadrat dari waktu pemeriksaan [10].

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pesawat MRI dengan merk GE dengan jenis Signa HD.xt dan kekuatan 1,5 T, *head coil*, perangkat computer, processor film tipe *dryview 8900 laser image* dan film.

B. Prosedur Penelitian

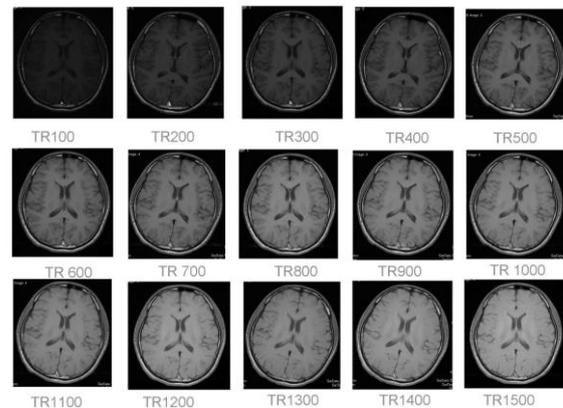
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dengan melakukan pengambilan data secara langsung dengan mengukur ROI pada setiap citra MRI dengan variasi TR 100ms-1500ms. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur ROI pada *white Matter*, *gray matter* dan sinyal diluar objek pemeriksaan secara tiga kali. Selanjutnya dicatat waktu pencitraan pada masing- masing objek. Selanjutnya dicari sinyal rata- rata dan standar deviasi pada masing- masing objek. Hasil ini selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai SNR, CNR serta efisiensi kontras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Gambar MRI

Setelah dilakukan pemeriksaan MRI Brain T1WI didapatkan citra MRI dengan tingkat

kecerahan yang berbeda- beda. Hasil citra dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. MRI brain potongan *axial sequence* T1 SE

Gambar 1 merupakan gambar MRI *brain* potongan *axial sequence* T1WI dengan perbandingan TR 100 ms sampai 1500 ms dengan TE sebesar 12 ms, FOV 240 x 240 mm², *slice thickness* 5,0 mm, spacing 1,0 mm, dengan skala variasi TR sebesar 100 ms. Terlihat perbedaan citra pada setiap kenaikan skala, dari TR 100 ms dengan citra yang gelap (*hipointens*) hingga TR 1500 ms dengan citra yang terang (*hiperintens*).

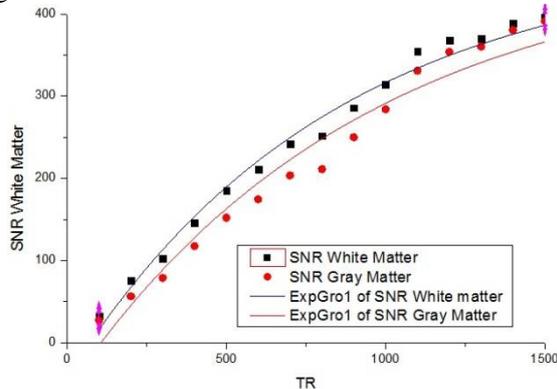
Pada *sequence* T1WI peningkatan nilai TR akan mengakibatkan peningkatan intensitas sinyal. Pada TR singkat proton pada beberapa jaringan di dalam tubuh manusia tidak memiliki waktu yang cukup untuk kembali ke arah medan magnet utama sehingga intensitas sinyal yang dihasilkan juga masih rendah. Seiring meningkatnya nilai TR maka intensitas sinyal juga ikut meningkat. Intensitas Sinyal tinggi memberikan citra yang *hiperintens* sedangkan intensitas sinyal yang rendah menghasilkan warna gelap *hipointens*.

kV, arus tabung dan waktu eksposi 8 mAs, dengan film yang digunakan berukuran 18 x 24 cm², dan waktu pembangkitan *developer* selama 2 menit, maka diperoleh hasil yang di tunjukkan pada pada diagram batang berikut.

B. Hasil Pengukuran Nilai SNR

Untuk mengetahui nilai CNR harus diketahui terlebih dahulu nilai SNR terlebih dahulu. Perhitungan SNR dilakukan dengan

cara membagi sinyal rata-rata dengan standar deviasi dari sinyal diluar objek. Perhitungan SNR dilakukan pada *white matter* dan *gray matter*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 3.



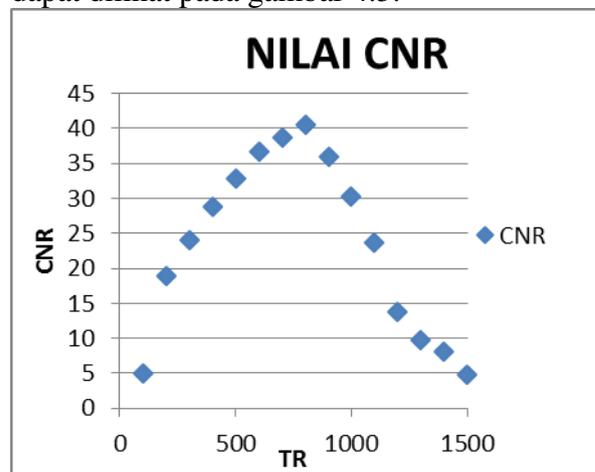
Gambar 3. Grafik nilai SNR pada *white matter* dan *gray matter* pada TE 16

Pada gambar 4.2 terlihat peningkatan nilai SNR seiring dengan peningkatan nilai TR. Kenaikan nilai SNR dikarenakan adanya peningkatan intensitas sinyal. Berdasarkan persamaan 2.1 pada TR rendah maka intensitas sinyal yang dihasilkan rendah dan akan mengalami kenaikan secara eksponensial seiring dengan bertambahnya nilai TR. Waktu TR yang lama memungkinkan proton diseluruh jaringan memiliki waktu yang cukup untuk kembali ke arah medan magnet utama. Pada *white matter* nilai SNR pada TR terendah adalah 32,19 dan pada TR tertinggi adalah 396, sedangkan pada *gray matter* nilai SNR pada TR terendah adalah 27,2 dan nilai SNR pada TR tertinggi adalah 391. Pada *white matter* persamaan eksponensialnya adalah $y = -512,79 \exp(-x/831,27) + 470,66$ dengan nilai koefisien korelasinya adalah $R^2 = 0,98722$, sedangkan pada *gray matter* nilai persamaan eksponensialnya adalah $y = -527,71 \exp(-x/926,5) + 470,66$ dengan x adalah TR dan y adalah SNR, dan diperoleh juga nilai koefisien korelasinya adalah $R^2 = 0,96471$. Perbedaan intensitas sinyal pada *white matter* dan *gray matter* dikarenakan adanya perbedaan waktu relaksasi longitudinal pada masing-masing jaringan. Waktu relaksasi longitudinal didapat pada saat nilai TR sama

dengan waktu relaksasi longitudinal tersebut. Pada penelitian ini waktu relaksasi longitudinal pada *white matter* adalah 831,27 ms dan waktu relaksasi longitudinal pada *gray matter* adalah 926,5 ms.

C. Hasil Perhitungan CNR

Setelah diperoleh hasil SNR maka dapat dicari nilai CNR untuk masing-masing citra. Perhitungan CNR dapat dihasilkan dari pengurangan antara SNR *white matter* dan SNR *gray matter*. Hasil perhitungan CNR dapat dilihat pada gambar 4.3.

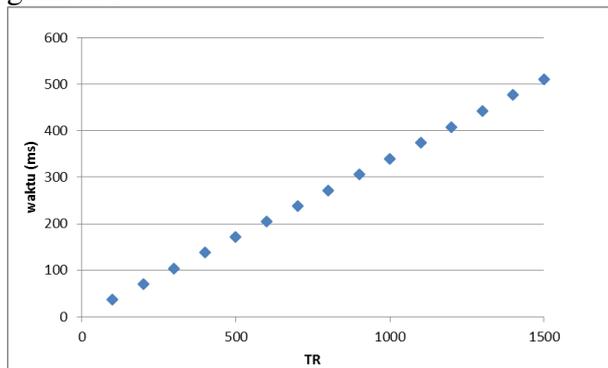


Gambar 4. Grafik nilai CNR dengan perbandingan nilai TR 100- 1500 ms

Pada gambar 4.3 nilai CNR yang dihasilkan pada TR 100 ms masih rendah dikarenakan intensitas sinyal untuk menghasilkan citra MRI masih rendah. Hal ini mengakibatkan perbedaan intensitas sinyal antara kedua jaringan masih kecil. Seiring dengan meningkatnya intensitas sinyal, maka perbedaan kedua jaringan akan semakin terlihat dan akan meningkatkan nilai CNR hingga mencapai puncaknya pada TR 800 ms dengan nilai 40,6. Setelah melewati TR 800 ms CNR akan menurun, hal ini disebabkan karena magnetisasi longitudinal pada setiap jaringan sudah mulai memiliki waktu yang cukup untuk kembali ke arah medan magnet utama. Oleh karena itu perbedaan nilai SNR pada kedua jaringan mulai berkurang.

D. Nilai Waktu Pencitraan

Untuk mendapatkan nilai efisiensi kontras perlu diketahui nilai dari waktu pencitraan. Waktu pencitraan dapat diperoleh melalui pengamatan secara langsung pada saat melakukan pemeriksaan MRI. Hasil pengamatan waktu scan dapat dilihat pada gambar 5

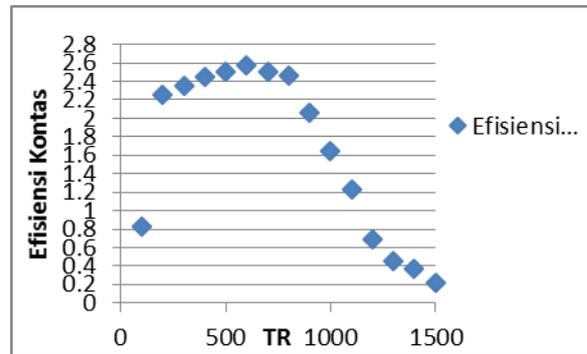


Gambar 5. Grafik nilai waktu scan dengan perbandingan nilai TR 100- 1500 ms

Gambar 5 menyatakan bahwa peningkatan TR juga akan meningkatkan waktu pemeriksaan MRI secara linier. Pada TR 100 ms memiliki waktu scan terendah yaitu 37 s dan pada pada TR 1500 memiliki waktu scan paling lama yaitu 510 s. Gambar 4.4 menyatakan bahwa peningkatan TR juga akan meningkatkan waktu pencitraan secara linier. Waktu pencitraan dipengaruhi oleh *phase*, NEX dan TR. Pada saat nilai NEX dan *phase* konstan maka hanya nilai TR yang berpengaruh pada peningkatan waktu pencitraan. Pada TR 100 ms memiliki waktu pencitraan terendah yaitu 37s dan pada pada TR 1500 memiliki waktu pencitraan paling lama yaitu 510 s.

E. Nilai Efisiensi Kontras

Setelah mendapatkan nilai CNR dan nilai waktu scan maka dapat dihitung nilai efisiensi kontras. Nilai efisiensi kontras didapat dari perbandingan antara nilai CNR dengan akar kuadrat nilai waktu scan. Grafik nilai efisiensi kontras dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Nilai Efisiensi kontras dengan perbandingan TR 100- 1500 ms

Pada gambar 4.5 terlihat pada saat TR 100 ms nilai efisiensi kontras adalah sebesar 0,82, hal ini dikarenakan pada titik ini nilai CNR masih rendah serta waktu pencitraan yang sedikit. Grafik menanjak naik hingga mengalami puncaknya pada TR 600 ms dengan nilai efisiensi kontras 2,56. Pada titik ini nilai CNR dan waktu pencitraan paling efisien. Selanjutnya grafik turun hingga pada titik terendah 0,12 pada TR 1500 ms. Penurunan nilai efisiensi kontras diakibatkan mulai berkurangnya nilai CNR serta meningkatnya waktu pencitraan. Penurunan nilai CNR diakibatkan karena magnetisasi longitudinal mulai mendekati ke arah medan magnet utama.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai CNR maksimum MRI T1WI terjadi pada TR 800 ms dengan nilai CNR sebesar 40,55. Sedangkan Nilai efisiensi kontras MRI T1WI terjadi pada TR 600 ms dengan nilai efisiensi kontras sebesar 2,57.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rasad, S. (2005). *Radiologi Diagnostik*. Jakarta: PT. Gramedia.
- [2] Westbrook, C., dan Kaut, C. (1998). *MRI In Practice, Second Edition*. Oxford: Blackwell Publishing.
- [3] Yoshioka, Hiroshi. (2003). *Magnetic Resonance Imaging*. Beijing: Elsevier Health.
- [4] Weishaupt, Dominic., Kochli, V.D., Marineck, Borut. (2006). *How Does MRI Work?*. Berlin: Springer.
- [5] Bushong, S. C. (1998). *Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection, Fourth Edition*. St. Louis: Mosby Company.
- [6] Hashemi, H. R., dan Bradley G. (2004). *MRI: Basic Principle and Application, Third Edition*, John Willey and Son Inc: New York.
- [7] Line, Gary. (2005). *MRI from A to Z : A Definitive Guide for Medical Professional*. UK: Cambridge University Press.
- [8] Chrysikopoulos, H.S. (2008). *Clinical MR Imaging and Physics*, Berlin: Springer.
- [9] Bryan, R.N. (2010). *Introduction to The Science of Medical Imaging*, New York: Cambridge University Press
- [10] Hou, Ping. (2005). *Phase Sensitive T1 inversion Recovery Imaging : A Time Effecient interleaved Technique for Improved Tissue contrast in Neuroimaging*. AJNR Am J Neuroradiol 26:1432-1438.