



TUGAS AKHIR-SF141501

*ANALISIS NILAI SPIN LATTICE RELAXATION TIME (T₁) PADA
BAHAN AGAR MENGGUNAKAN MAGNETIC RESONANCE
IMAGING (MRI)*

RIA DWI AFRIANA
01114 40000 078

Dosen Pembimbing
Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR-SF141501

**ANALISIS NILAI *SPIN LATTICE RELAXATION TIME* (T1) PADA
BAHAN AGAR MENGGUNAKAN *MAGNETIC RESONANCE
IMAGING* (MRI)**

**RIA DWI AFRIANA
01114 40000 078**

**Dosen Pembimbing
Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT-SF141501

**ANALYSIS OF SPIN LATTICE RELAXATION TIME (T1) ON
AGAR USING MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

**RIA DWI AFRIANA
011114 40000 078**

**Supervisor
Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS NILAI SPIN LATTICE RELAXATION TIME
(T1) PADA BAHAN AGAR MENGGUNAKAN
MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Bidang Fisika Medis
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

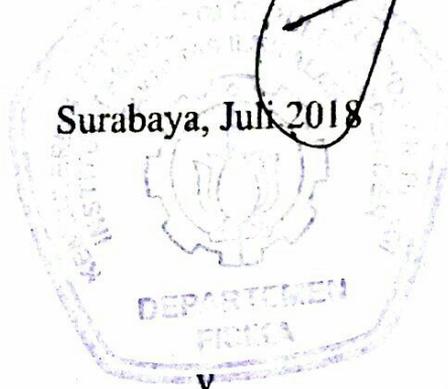
RIA DWI AFRIANA
NRP 011114 40000 078

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc

NIP. 19780102 200312 2 002 (.....)

Surabaya, Juli 2018



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS NILAI SPIN LATTICE RELAXATION TIME (T1)
PADA BAHAN AGAR MENGGUNAKAN
MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

Nama Mahasiswa : Ria Dwi Afriana
NRP : 011114 40000 078
Departemen : Fisika FIA ITS
Dosen Pembimbing : Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc

Abstrak

Kualifikasi material yang baik untuk fantom pada *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) ialah memiliki nilai *spin lattice relaxation time* (T1) yang mampu dibandingkan dengan nilai T1 pada jaringan tubuh manusia, mampu diproses dengan cara yang baik, tidak bahaya, stabil untuk periode waktu yang cukup lama, murah dan mudah untuk dibuat. Agar memiliki kualifikasi seperti yang telah dijelaskan tersebut. Pada penelitian kali ini dilakukan studi khusus untuk pembobotan T1 pada bahan agar dengan tujuan untuk menentukan nilai T1 pada bahan agar dan karakteristik T1 pada tiap irisan serta membandingkan nilai T1 pada agar dengan nilai T1 pada jaringan manusia. Pada penelitian kali ini bahan agar yang digunakan ialah dengan konsentrasi 2.5%, 5% dan 7.5%, serta digunakan *echo time* (TE) 10 ms dan 20 ms dengan *repetition time* (TR) 500 ms – 5000 ms untuk MRI 1.5 Tesla. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan diperoleh nilai T1 yang lebih tinggi diperoleh pada sampel agar yang lebih rendah dengan karakteristik T1 pada tiap irisan memiliki nilai yang berbeda. Dari penelitian ini, bahan agar memiliki potensi untuk menjadi tissue equivalent material pada darah, jantung, tulang rawan, jaringan skeletal dan lapisan abu-abu dalam otak.

Kata Kunci: *Magnetic Resonance Imaging*, T1, *spin lattice relaxation time*, agar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF SPIN LATTICE RELAXATION TIME (T1) ON AGAR MATERIAL USING MRI

Name : Ria Dwi Afriana
NRP : 01114 40000 078
Departement : Physics FIA ITS
Supervisor : Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc

Abstract

To be considered as a good material for phantom in Magnetic Resonance Imaging (MRI), a material should have the value of spin lattice relaxation time (T1) which is comparable to T1 value of human tissue, well processed, non-hazardous, stable for a sufficient period of time, cheap and easy to make. Agar has the qualifications as described above. In this research, a study was conducted for T1 weighting on agar material in order to determine the value of T1 in agar material. T1 characteristics on each slice was observed and T1 value of agar was compared to T1 value of the human tissue. In this study, concentrations of agar were 2.5%, 5% and 7.5%, and echo time (TE) 10 ms and 20 ms with repetition time (TR) 500 ms - 5000 ms were used for MRI 1.5 Tesla. Based on this research, the value of T1 was shown higher for sample with lower agar concentration. It is shown that T1 characteristic on each slice has different value. From this study, agar has a potential to become tissue equivalent materials in blood, heart, cartilage, skeletal tissue and brain gray matter.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, MRI, T1, spin lattice relaxation time, agar

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS NILAI SPIN LATTICE RELAXATION TIME (T1) PADA BAHAN AGAR MENGGUNAKAN MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun dari kebodohan menuju cahaya kebenaran. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains di bidang fisika instrumentasi medis.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan kepada penulis untuk menempuh studi sarjana dan menyelesaikannya.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan terbaik
3. Seluruh keluarga besar Bani Abdul Wahab atas do'a dan dukungan terbaik
4. Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan dan dukungan .
5. Mbak Nova sebagai Radiografer *Brain clinic* Surabaya yang telah banyak membantu pada saat melakukan pengambilan data.
6. Prof Agus Rubiyanto dan Dr.Sungkono selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk pada saat ujian sidang tugas akhir.
6. Endarko, Ph.D selaku dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan dan dukungan.
7. Seluruh keluarga besar Fisika Medis atas do'a, wawasan ilmu dan dukungan terbaik.

7. Dr. Yono Hadi Pramono selaku Ketua Departemen Fisika FMIPA ITS dan Bapak Gontjang Prajitno, M.Si selaku Kaprodi S1 Fisika FMIPA ITS
8. Nurul Maulidiyah yang selalu memberikan dukungan dan keceriaan selama ini. Semoga persahabatan kita selalu terjalin
9. Keluarga besar JMMI dan BPU JMMI ITS 14/15,15/16, 16/17 hingga 17/18 yang selalu menjadi motivasi tersendiri dalam menjalani kehidupan perkuliahan selama ini. Semoga selalu menjadi motivasi dalam bertastabiqul khairat lagi.
10. Keluarga besar ANTARES Fisika 2014 yang telah banyak membantu dan mendukung dalam kegiatan akademis selama 4 tahun ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis bersedia menerima kritik dan saran membangun. Penulis berharap penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, terutama riset dan pengembangan di bidang Fisika Medis selanjutnya. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 21 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 MRI	5
2.2 Prinsip dasar MRI	6
2.3 Parameter waktu T1	7
2.4 Pembobotan T1	8
BAB III. METODOLOGI	
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2 Metodologi Penelitian	12
BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil citra sampel agar	15
4.2 Hasil pembobotan T1	17
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian perangkat dari MRI	6
Gambar 2.2	Ilustrasi pemberian waktu TR	7
Gambar 2.3	Ilustrasi pemberian waktu TE	8
Gambar 2.4	Pembobotan T1	9
Gambar 3.1	Sampel agar 2.5%, 5% dan 7.5%	11
Gambar 3.2	Perangkat MRI pada penelitian.	11
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian.	13
Gambar 4.1	Hasil citra sampel agar	15
Gambar 4.2	Hasil pengukuran nilai T1 pada agar 5%	16
Gambar 4.3	Nilai T1 pada agar dengan TE 10 ms	18
Gambar 4.4	Nilai T1 pada agar dengan TE 20 ms	19

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai T1 pada jaringan tubuh manusia	10
Tabel 4.1	Nilai hasil pengukuran T1 pada TE 10 ms	17
Tabel 4.2	Nilai hasil pengukuran T1 pada TE 20 ms	18

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan salah satu perangkat medis yang memiliki peran penting dalam bidang radiodiagnosis. MRI banyak digunakan untuk mendeteksi adanya tumor ataupun kanker dalam tubuh manusia. Hasil pencitraan medis dengan MRI pun mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan *CT Scan*, yaitu tidak perlu menggunakan radiasi pengion, memiliki kemampuan pengambilan gambar pada berbagai bidang (multiplanar), tidak ada artefak tulang dan belum ada laporan efek samping yang bersifat menetap akibat penggunaan MRI.

Dalam prinsipnya, MRI menggunakan prinsip dari karakter hidrogen yang mana 70% tubuh manusia tersusun atas hidrogen. Dalam hidrogen tersebut, karakter yang terpenting ialah pada densitas proton atau *proton density* (PD), serta dua karakter waktu yaitu *spin lattice relaxation time* (T1) dan *spin spin relaxation time* (T2). T1 merepresentasikan pergerakan spin dalam inti atom ketika melepaskan energinya ke lingkungan (McRobbie dkk, 2006). Secara fungsional, T1 sangat penting untuk menentukan kualitas pada citra yang dihasilkan secara anatomi.

Pada penelitian sebelumnya tentang pembuatan fantom MRI, kualifikasi material yang baik untuk fantom ialah memiliki nilai T1 yang mampu dibandingkan dengan nilai T1 pada jaringan tubuh manusia, mampu diproses dengan cara yang baik, tidak bahaya, stabil untuk periode waktu yang cukup lama, murah dan mudah untuk dibuat (Hellerbach dkk,

2013). Agar memiliki kualifikasi seperti yang telah dijelaskan tersebut.

Pada penelitian kali ini dilakukan studi khusus untuk T1 pada bahan agar. Yang mana langkah selanjutnya yaitu membandingkan nilai T1 pada bahan agar dengan nilai referensi T1 pada jaringan yang sesungguhnya. Dari hasil analisis dapat diketahui potensi bahan agar untuk menjadi *tissue equivalent material* atau fantom pada saat *quality assurance (QA)* dan *quality control (QC)* MRI.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, beberapa permasalahan yang ingin diselesaikan di antaranya

1. Bagaimana nilai T1 pada bahan agar?
2. Bagaimana karakteristik T1 pada tiap irisan bahan agar?
3. Bagaimana potensi bahan agar untuk bisa menjadi *tissue equivalent material*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui nilai T1 pada bahan agar.
2. Mengetahui karakteristik T1 pada tiap irisan bahan agar.
3. Mengetahui potensi bahan agar untuk bisa menjadi *tissue equivalent material*.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan, batasan masalah penelitian ini meliputi analisis T1 pada tiap irisan bahan agar dengan

TE 10 ms-20 ms dan TR 500 ms-5000 ms. Bahan agar yang digunakan memiliki konsentrasi sebesar 2,5%, 5% dan 7,5%.

1.5 Manfaat Penelitian

Selain dapat menambah wawasan mengenai pemahaman tentang karakteristik T1 pada bahan agar, penelitian ini ini juga bermanfaat sebagai riset dan pengembangan di bidang fisika medis bidang pembuatan *tissue equivalent material*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

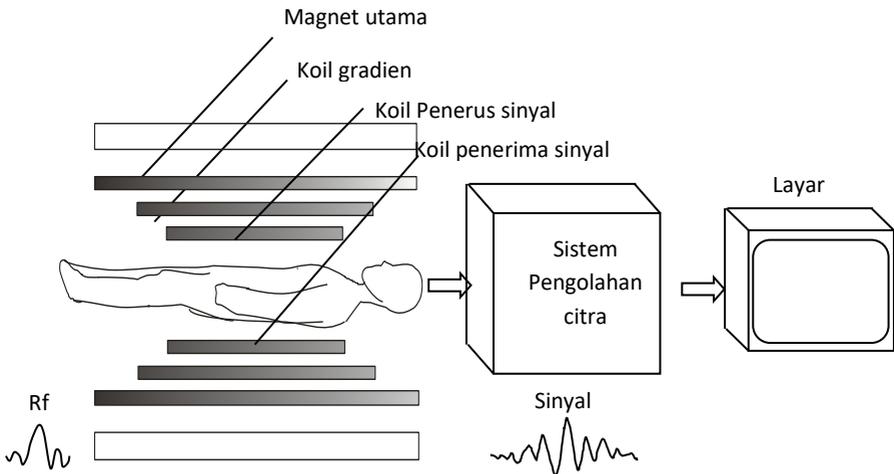
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MRI

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah salah satu perangkat pencitraan medis yang digunakan untuk memeriksa dan mendeteksi organ dalam tubuh manusia dengan menggunakan prinsip pemancaran gelombang frekuensi radio (*RF pulse*). Sehingga dengan adanya MRI tidak perlu melakukan operasi ataupun penggunaan sinar bahan radioaktif seperti sinar X. Pada umumnya pesawat MRI menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064–1,5 T (Surya, 2014).

MRI memiliki kemampuan memindai dan mengambil gambar organ secara irisan koronal, sagital dan aksial tanpa banyak memanipulasi citra hasil pemindaian pada tubuh pasien. Teknik penggambaran MRI relatif kompleks karena hasil citra yang dihasilkan tergantung pada banyak parameter. Bila pemilihan parameternya tepat, maka hasil kualitas citra pada tubuh manusia akan tampak lebih jelas, sehingga anatomi dan patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara teliti (Notosiswoyo dan Susy, 2004).

MRI terdiri atas beberapa perangkat yang dapat dilihat pada Gambar 2.1, diantaranya ialah magnet utama yang akan mempengaruhi spin pada inti atom. Kemudian koil gradien sebagai pengatur sumbu pada saat proses pemindaian tubuh yang nantinya berperan penting dalam menghasilkan irisan aksial, sagital dan koronal. Koil RF yang terdiri atas koil penerima dan penerus sinyal, serta perangkat komputer yang berperan dalam pengolahan hasil citra yang akan dihasilkan.



Gambar 2.1 Bagian perangkat dari MRI (Surya, 2014).

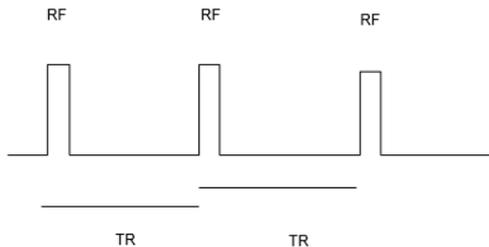
2.2 Prinsip dasar MRI

Dalam prinsipnya, MRI menggunakan prinsip dari karakter atom hidrogen yang mana 70% tubuh manusia tersusun atas hidrogen. Atom hidrogen tersusun atas inti yaitu proton tunggal yang bermuatan positif dan memiliki spin yang mempunyai arah putar. Ketika pasien ditempatkan dalam medan magnet, maka spin dalam dalam inti atom yang awalnya berputar secara acak akan ternormalisasi menjadi *spin up* dan *spin down*. Ketika pancaran sinar RF pada MRI dinyalakan lalu mempunyai frekuensi yang sama dengan kecepatan/frekuensi dari perputaran spin pada inti hidrogen maka inti atom hidrogen akan menyerap energi dari pulsa RF. Peristiwa penyerapan energi inilah yang disebut dengan gejala resonansi. Ketika pulsa RF dimatikan, inti atom akan kembali

ke keadaan semula (*equilibrium state*) dan melepaskan energi yang diserap yang mana peristiwa ini disebut relaksasi. Sinyal ketika melepaskan energi yang dilepaskan tersebut disebut dengan sinyal MR. Ketika sinyal MR ditangkap oleh koil penerima maka suatu gambar akan dihasilkan (Mulyono dan Susi,2004).

Pada saat proses relaksasi, terdapat dua karakter waktu yang terpenting yaitu T1 dan T2. Kedua karakter waktu tersebut merupakan waktu yang dibutuhkan oleh energi yang telah terserap oleh jaringan tubuh untuk kembali ke titik kesetimbangan setelah pulsa RF berhenti dipancarkan. T1 dan T2 sangat berpengaruh besar terhadap kontras pada citra yang dihasilkan. Untuk menghasilkan citra dengan piksel yang optimal dibutuhkan T1 yang pendek dan T2 yang panjang (McRobbie dkk, 2006).

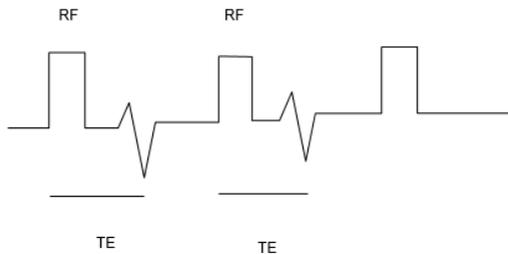
2.3 Paramater waktu T1



Gambar 2.2 Ilustrasi pemberian waktu TR (www.resume-radiografer.xyz)

Dalam proses relaksasi terdapat beberapa parameter waktu yang mempengaruhi hasil pada T1 dan T2 yaitu TR dan

TE yang diukur dalam *milliseconds* (ms). *Repetition Time* (TR) adalah waktu yang diperlukan untuk pemberian pulsa RF satu ke pulsa RF berikutnya. TR juga merupakan jumlah relaksasi yang terjadi saat pelepasan pulsa RF satu ke pulsa RF berikutnya. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2. TR menentukan karakteristik dari relaksasi T1. Oleh karenanya pada pengukuran nilai T1 pada penelitian ini, harus digunakan beberapa macam variasi nilai TR.



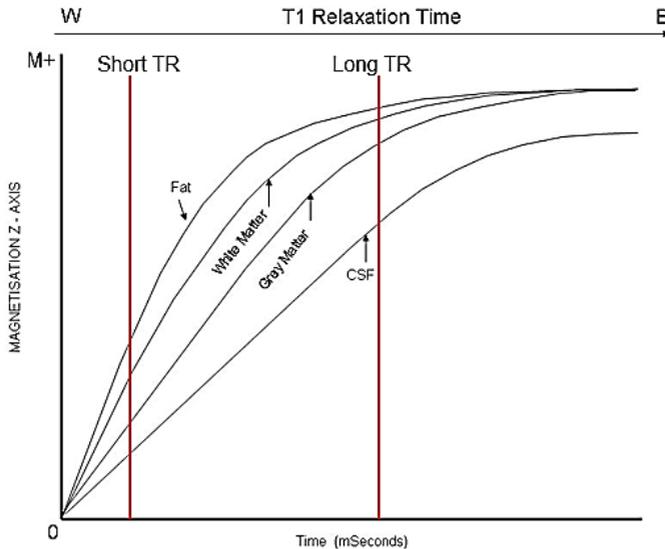
Gambar 2.3 Ilustrasi pemberian waktu TE (www.resume-radiografer.xyz)

Sedangkan *echo time* (TE) adalah waktu yang diperlukan dari pemberian radio frekuensi ke puncak induksi pulsa RF dalam koil. Sketsa yang menggambarkan sifat TE tersebut terlihat pada Gambar 2.3. Berbeda dengan TR yang sangat berpengaruh terhadap pembobotan T1, TE berpengaruh terhadap pembobotan T2.

2.4 Pembobotan T1

Pada proses relaksasi, energi yang dibebaskan menyebabkan inti atom untuk kembali ke longitudinal magnetisasi. Pada pembobotan T1 umumnya hasil citra yang

dihasilkan memiliki ciri-ciri berwarna gelap untuk komponen tubuh yang bersifat cair, abu-abu untuk jaringan dan berwarna terang untuk lemak (McRobbie, 2006).



Gambar 2.4 Pembobotan T1 (www.resume-radiografer.xyz)

Pada Gambar 2.4 terdapat grafik yang merepresentasikan pembobotan T1 yang mana sumbu x dari grafik tersebut ialah nilai TR dan sumbu Z merupakan magnetisasi pada sumbu Z atau M_z . Hubungan antara nilai TR dan M_z tersebut pada pembobotan nilai T1 akan membentuk grafik eksponensial yang memiliki persamaan eksponensial sebagai berikut (Ray dan William, 1997).

$$M_z(t) = M_0 (1 - e^{-t/T_1}) \quad (2.1)$$

Dengan M_0 adalah magnetisasi awal sebelum terjadi proses Magnetisasi pada sumbu Z (Mz). Berikut ini memberikan nilai T1 pada jaringan manusia berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Stanisz dkk dengan menggunakan MRI 1,5T dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai T1 pada jaringan tubuh manusia (Stanisz dkk, 2015)

Jaringan	Nilai T1 (ms)
Liver	576 ± 30
Otot skeletal	1008 ± 20
Jantung	1030 ± 34
Ginjal	690 ± 30
Tulang rawan	1024 ± 70
Lapisan putih otak	884 ± 50
Lapisan abu otak	1124 ± 50
Saraf optik	815 ± 30
Spinal	745 ± 37
Darah	1441 ± 120

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini peralatan dan bahan yang dibutuhkan terdiri dari MRI dan bahan agar. Bahan agar yang digunakan memiliki variasi dengan konsentrasi 2,5 %; 5% dan 7,5% yakni dapat dilihat pada Gambar 3.1. Kemudian MRI yang digunakan memiliki kekuatan 1.5 Tesla dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Bahan agar dengan variasi konsentrasi 2,5% ; 5% dan 7,5%.

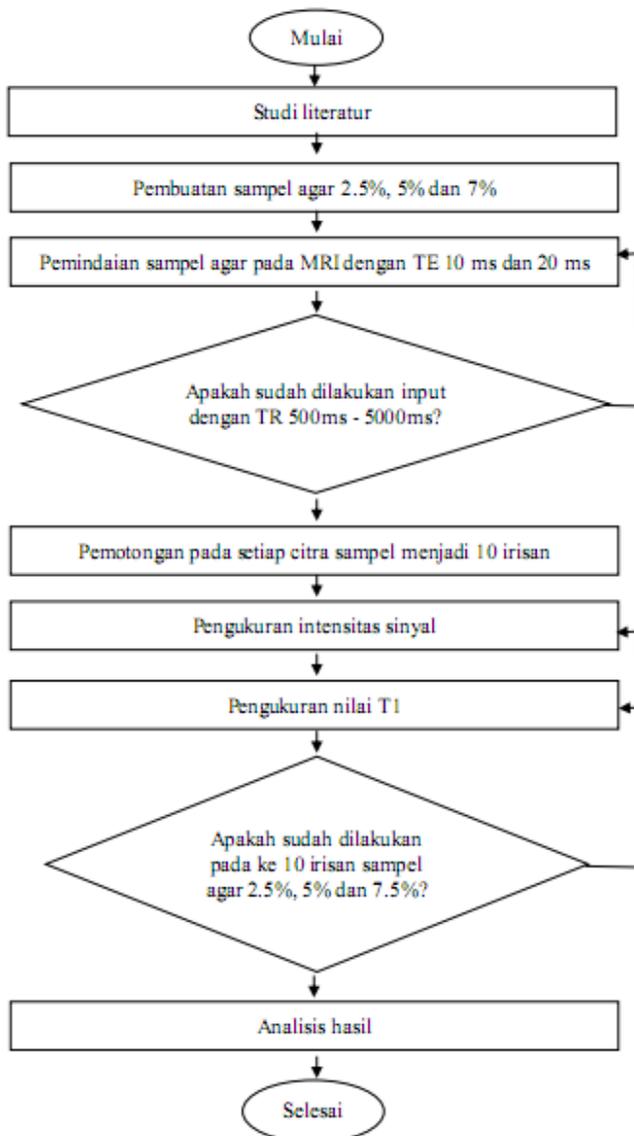


Gambar 3.2 Perangkat keras MRI yang digunakan pada penelitian.

3.2 Metodologi penelitian

Dari Gambar 3.3, dapat dilihat metode penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang kemudian dilanjutkan dengan pengambilan dan pengolahan data. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan di *Brain Clinic* Surabaya. Langkah pertama yang dilakukan dalam pengambilan data yaitu membuat bahan dengan 3 jenis konsentrasi yaitu 2,5% agar, 5% agar dan 7,5% agar. Proses pencampuran tersebut dilakukan dengan memasukkan agar kedalam 250 ml aquades dalam gelas beker, kemudian dilakukan proses pengadukan dengan stirrer dan dipanaskan dalam temperatur 240° C. Proses pengadukan dan pemanasan bahan tersebut dilakukan selama 30 menit. Setelah itu bahan didiamkan dalam botol plastik hingga bahan tersebut dingin dan membeku. Pada penelitian ini dilakukan pemindaian bahan bersamaan dengan penginputan TE dan TR untuk pembobotan T1. Nilai TE yang diinput ialah 10 *miliseconds* (ms) hingga 20 ms dan nilai TR antara 500 ms hingga 5000 ms. Pada penelitian ini terdapat 10 irisan yang dipotong secara aksial untuk masing-masing bahan agar.

Pengolahan data pada citra bahan menggunakan program *ImageJ*. Fungsi dari aplikasi *ImageJ* ialah untuk mengukur intensitas sinyal pada setiap irisan bahan agar. Lalu dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara TR dengan intensitas sinyal. Kemudian pada grafik tersebut digunakan pencocokan kurva eksponensial yang memiliki formula seperti pada persamaan 2.1 dan nantinya nilai T1 akan bisa diukur.



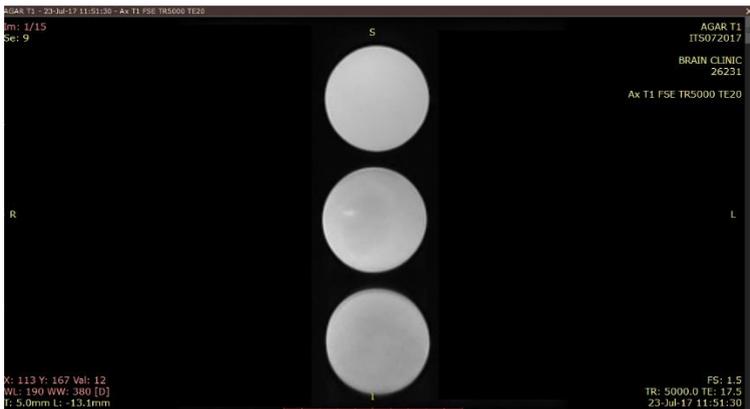
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

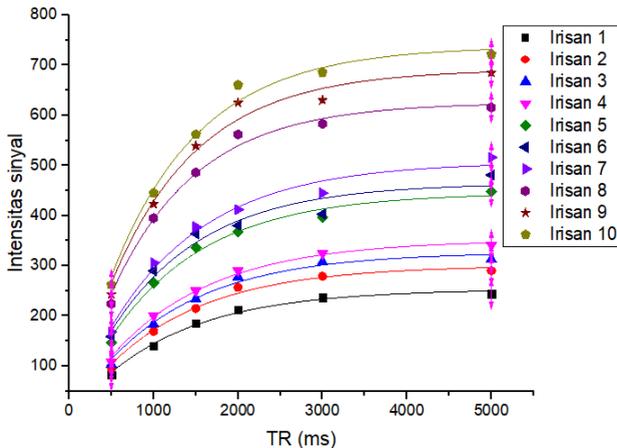
4.1 Hasil Citra Bahan Agar

Dari penelitian yang telah dilakukan, berikut contoh hasil 3 citra pada bahan agar setelah dipindai dengan MRI dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Citra bahan agar dengan nilai konsentrasi berturut-turut dari atas ke bawah ialah 2,5% , 5% dan 7,5% pada irisan 1 dengan TE 20 ms.

Berikut hasil pengukuran nilai intensitas sinyal pada irisan 1 hingga 10 pada konsentrasi agar 5% dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.2 tersebut terlihat hubungan antara nilai TR dan intensitas sinyal membentuk kurva eksponensial. Hal ini berarti nilai *intensitas sinyal* yang dihasilkan akan terus meningkat seiring meningkatnya nilai TR yang diberikan.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara TR dan intensitas sinyal pada agar 5% dengan TE 20 ms.

Pada Gambar 4.2 tersebut menunjukkan hubungan antara TR dan intensitas sinyal pada bahan agar 5% dengan TE 20 ms. Pada grafik tersebut terlihat perbedaan nilai intensitas sinyal pada antar irisan. Pada TR 500 ms tidak terlihat adanya perbedaan yang cukup berarti untuk intensitas sinyal pada irisan ke 1-4, 5-7 dan 8-10. Namun pada TR 1000-5000 ms terlihat adanya perbedaan yang cukup berarti untuk intensitas sinyal pada irisan ke 1-4, 5-7 dan 8-10 terutama antara irisan ke 4-5 dan 7-8. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin besar nilai TR yang diberikan maka durasi waktu proses relaksasi juga akan lebih lama yang mana nantinya akan berpengaruh pada intensitas sinyal yang dihasilkan yakni akan semakin bernilai besar. Semakin besar nilai intensitas sinyal yang dihasilkan pada setiap irisan, maka akan semakin besar ragam intensitas sinyal antar irisan. Kemudian dari grafik tersebut juga

terlihat adanya kecenderungan karakter intensitas sinyal yang hampir sama antara irisan ke 1-4, 5-7 dan 8-10.

4.2 Hasil Pengukuran T1

Dari proses pengukuran nilai T1, berikut nilai T1 yang dihasilkan pada masing-masing jenis bahan setelah menggunakan pencocokan kurva eksponensial. Tabel 4.1 yang merupakan nilai hasil pengukuran T1 dengan TE 10 ms dan Tabel 4.2 yang merupakan hasil pengukuran T1 dengan TE 20 ms.

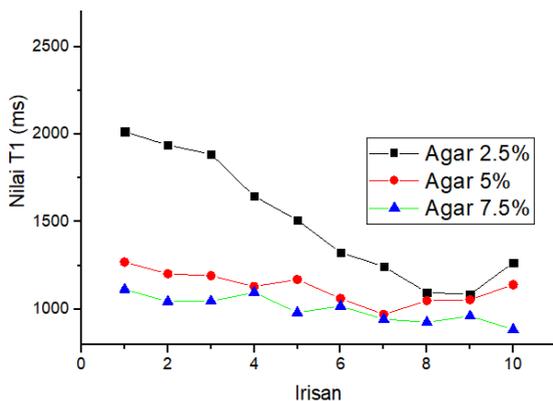
Tabel 4.1 Nilai hasil pengukuran T1 dengan TE 10 ms.

Irisan	Nilai T1 (ms)		
	Agar 2,5%	Agar 5%	Agar 7,5%
1	2010	1270	1110
2	1940	1200	1040
3	1890	1190	1050
4	1650	1130	1100
5	1510	1170	980
6	1320	1060	1020
7	1240	971	943
8	1100	1050	926
9	1080	1050	962
10	1270	1140	885
Rentang	1080-2010	971-1270	885-1110

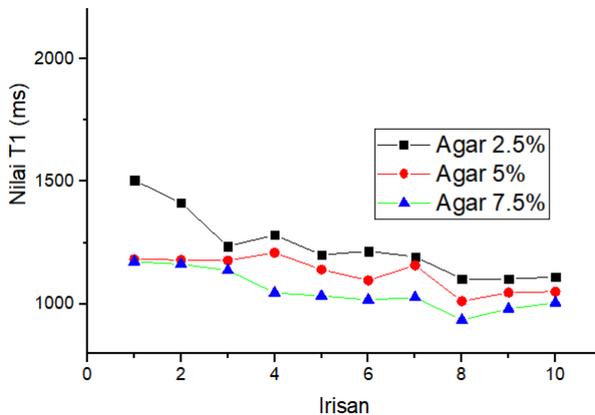
Tabel 4.2 Nilai hasil pengukuran T1 dengan TE 20 ms.

Irisan	Nilai T1 (ms)		
	Agar 2,5%	Agar 5%	Agar 7,5%
1	1500	1180	1170
2	1410	1180	1160
3	1240	1180	1140
4	1280	1210	1050
5	1200	1140	1030
6	1220	1100	1020
7	1190	1160	1030
8	1100	1010	935
9	1100	1050	980
10	1110	1050	1010
Rentang	1100-1500	1010-1210	935-1170

Untuk melihat perbandingan nilai T1 pada setiap bahan agar dengan masing-masing jenis konsentrasi, dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.3 Nilai T1 pada tiap irisan pada agar dengan konsentrasi 2,5%, 5% dan 7,5% pada TE 10



Gambar 4.4 Nilai T1 pada tiap irisan pada agar dengan konsentrasi 2,5%, 5% dan 7,5% pada TE 20 ms

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 tersebut terlihat perbedaan nilai T1 pada masing-masing jenis konsentrasi bahan agar di setiap irisannya, yang mana nilai T1 pada agar 2,5% lebih tinggi dari pada nilai T1 pada agar 5%. Nilai T1 pada agar 2,5% dan 5% lebih tinggi dari pada nilai T1 pada agar 7,5%.

Kemudian dapat dilihat bahwa karakter T1 antar irisan memiliki nilai yang berbeda-beda. Dari ketiga jenis bahan agar tersebut, terlihat bahan agar dengan konsentrasi 7,5% memiliki nilai T1 yang cenderung lebih linier antar irisan 1-10 dan nilai T1 yang paling tidak linier adalah pada agar dengan konsentrasi 2,5%. Hal ini berarti bahan agar 7,5% akan lebih stabil dibandingkan bahan agar 2,5% dan 5%. Semakin stabil kondisi bahan untuk periode yang cukup lama, maka nilai T1 pada bahan tersebut akan stabil pula.

Dari Tabel 4.1 dan 4.2 terlihat nilai T1 pada bahan agar untuk setiap jenis konsentrasi dengan tiap jenis bahan

dilakukan pemotongan menjadi 10 citra irisan bahan. Jika dilihat dari rentang nilai T1, maka kondisi pada TE 20 ms lebih baik karena memiliki rentang waktu T1 yang lebih sedikit. Hal tersebut berarti nilai T1 pada saat TE 20 ms lebih cenderung linier atau stabil antar setiap irisan.

Oleh karenanya untuk membandingkan dengan nilai T1 pada jaringan manusia yakni pada Tabel 2.1 maka akan lebih akurat jika digunakan TE 20 ms. Jika dibandingkan dengan nilai T1 pada Tabel 2.1, maka nilai T1 pada TE 20 bahan agar 2,5% dengan nilai T1 1100-1500 ms memiliki potensi untuk menjadi *tissue equivalent material* pada lapisan abu-abu dalam otak dan darah. Bahan agar 5% dengan nilai T1 1010-1210 ms memiliki potensi untuk menjadi *tissue equivalent material* pada jantung, tulang rawan, jaringan skeletal dan lapisan abu-abu dalam otak. Bahan agar 7,5% dengan nilai T1 935-1170 ms memiliki potensi yang sama dengan agar 5% untuk menjadi *tissue equivalent material*.

Dari perbandingan dengan rentang nilai T1 yang cukup signifikan, sehingga saran untuk penelitian selanjutnya yaitu bahan agar yang digunakan memiliki karakteristik yang lebih stabil sehingga akan memiliki nilai T1 yang lebih stabil pula. Semakin stabil nilai T1 pada tiap irisan bahan agar, maka akan lebih akurat dalam membandingkan karakteristik nilai T1 pada bahan agar dengan karakteristik nilai T1 pada jaringan manusia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai T1 yang paling tinggi terdapat pada agar dengan konsentrasi 2,5%. Nilai T1 yang paling rendah terdapat pada agar dengan konsentrasi 7,5%.
2. Karakteristik T1 pada tiap irisan bahan memiliki nilai yang berbeda.
3. Dari hasil pengukuran nilai T1 pada bahan agar jika dibandingkan dengan referensi nilai T1 dengan jaringan manusia, bahan agar memiliki potensi untuk menjadi *tissue equivalent material* pada darah, jantung, tulang rawan, jaringan skeletal dan lapisan abu-abu dalam otak.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya yaitu bahan agar yang digunakan memiliki karakteristik yang lebih stabil sehingga akan memiliki nilai T1 yang lebih stabil pula. Semakin stabil nilai T1 pada tiap irisan bahan agar, maka akan lebih akurat dalam membandingkan karakteristik nilai T1 pada bahan agar dengan karakteristik nilai T1 pada jaringan manusia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Hellerbach, Alexandra dkk. (2013). "MRI Phantoms – Are There Alternatives to Agar?". Germany. Jurnal PLOS one.
- Mcrobbie, Donald. (2006). "MRI from picture to proton". New York. Cambridge University Press.
- Mulyono dan Susy. (2004). "Pemanfaatan Magnetic Resonance Imaging (MRI) sebagai Sarana Diagnosa Pasien". Universitas Hasanauddin. Media Litbang kesehatan volume XIV no 3.
- Ray dan William. (1997). "MRI The Basics". Baltimore USA. Library of Congress Cataloging.
- Resume-radiografer. (2016). Prinsip dasar MRI. <http://www.resume-radiografer.xyz/2016/09/prinsip-dasar-mri.html> diakses pada Februari 2018
- Surya, Ahdan. (2014). "Alat Radiologi IV". Jurnal Akademi Teknik Elektromedik.
- Stanisz, Greg J dkk. (2005). "T1, T2 Relaxation and Magnetization Transfer in Tissue". Stanford University. *Magnetic Resonance in Medicine* 54:507–512

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Ria Dwi Afriana lahir di Jombang pada 5 Januari 1996. Sewaktu kecil ia mengenyam pendidikan formalnya di RA Ar-rahman Pojokkulon dan berlanjut di SDN Pojokkulon. Kemudian di masa remaja melanjutkan di SMPN 2 Tembelang dan MAN 6 Jombang. Tahun 2014 ia melanjutkan pendidikannya dalam Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa, selain aktif dalam akademis ia aktif mengikuti organisasi dakwah kampus dan berbagai program bakti sosial serta kepemimpinan. Meskipun demikian, ia tetap pernah aktif untuk mengikuti organisasi keprofesian dalam Departemen yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika (Himasika) ITS di tahun pertama dan tahun keduanya yakni dalam Departemen Riset dan Teknologi. Sedangkan untuk aktif dalam organisasi dakwah kampus dan bakti sosial, ia aktif dalam Tim Pembina Kerohanian Islam (TPKI) Jama'ah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS sejak tahun pertama hingga tahun keempat khususnya ia aktif dalam BSO Badan Pelayanan Umat (BPU) JMMI ITS yang memiliki 4 daerah binaan di sekitar ITS yaitu Keputih Tegal Timur Baru, Gebang, Medokan dan Kejawan. Dan dalam dakwah Departemen, ia aktif dalam Forum Studi Islam Fisika (FOSIF) ITS di tahun pertama hingga tahun kedua. Di tahun ketiga, penulis pernah menulis buku *Antalogi Sepenggal Perjalanan Menuju Asa* bersama beberapa

rekan *awardee* Beasiswa Bidikmisi. Dan ditahun keempat, penulis aktif sebagai *awardee* Beasiswa Aktivistis Nusantara (Baktinusa) regional Surabaya sebagai angkatan Baktinusa yang ke-8.

Guna mendapatkan informasi lebih lengkap, penulis bisa dihubungi via Facebook : Ria Dwi Afriana atau email : riadwiafriana14@gmail.com.