

## PENGARUH VARIASI BERAT BADAN TERHADAP KENAIKAN TEMPERATUR TUBUH DAN NILAI *SPECIFIC ABSORPTION RATE* PADA PEMERIKSAAN MRI *BRAIN*

<sup>1</sup>Dimas Prakoso, <sup>2</sup>Fatimah, <sup>3</sup>Bagus Abimanyu, <sup>4</sup>Dartini

<sup>1,2,3,4</sup> *Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang  
Jl. Tirto Agung Pedalangan Banyumanik Semarang*

e-mail : dimas.kepodang@gmail.com

### ABSTRACT

**Background :** MRI brain is a routine examination, after finished examination will felt warm and sweaty on the back. The heat produced by the SAR effect affected by the body weight examined. This research to determine increasing body temperature and SAR value after MRI brain examination based on different body weight.

**Methods :** The kind of this research is experiment. Research has been done at thirteen (13) samples with characteristic as follows : consisted of 3 men and 10 women with variation of body weight 45 kg until 75 kg. Samples had normal body temperature, no abnormalities in the head, and no claustrophobia. Each samples measure body weight and body temperature before MRI examination, then performed examination of MRI brain used brain routine protocol during 19 minutes 49 seconds. After that, measure body temperature again to find the increasing body temperature and saw the SAR value on SAR information. Then analyzed the affection of the variation of body weight and increasing body temperature, and variation of body weight and SAR value. Data were analysed statistically by using Linear Regression test.

**Results :** The results showed that there were significant affection between variation of body weight and increasing body temperature (p value<0,05) significant with very strong influence (R Square=0,889) and negative correlation with equation  $y=2,098-0,024x$ . On variation of body weight and SAR value showed that there were significant affection (p value<0,05) with medium influence (R Square=0,596) and positive correlation with equation  $y=0,214+0,004x$ .

**Conclusion :** Based on these results indicate that more body weight, increase body temperature will decrease due to the fat in people overweight and more body weight, SAR value will increase according the amount of RF exposure required

**Keywords :** body weight, temperature, SAR value, MRI brain.

### Pendahuluan

*Magnetic Resonance Imaging* adalah suatu teknik penggambaran penampang tubuh berdasarkan prinsip resonansi magnetik dari inti atom hidrogen tubuh dan tanpa menggunakan sinar-X. MRI menciptakan gambar yang dapat menunjukkan perbedaan sangat jelas dan lebih sensitif untuk menilai anatomi jaringan lunak dalam tubuh terutama otak, sumsum tulang

belakang, dan sumsum saraf dibandingkan dengan pemeriksaan sinar-X biasa maupun CT- Scan. Teknik penggambaran MRI relatif kompleks karena gambaran yang dihasilkan tergantung pada banyak parameter, bila pemilihan parameter tepat maka kualitas gambaran, detail tubuh manusia akan tampak jelas sehingga anatomi dan patologi jaringan

tubuh dapat dievaluasi secara teliti (Rasad, 2006).

Magnet yang digunakan pada beberapa sistem MRI merupakan magnet dengan tipe *superconductor*, hal ini berarti jika sekali saja arus listrik dialirkan pada magnet untuk menghasilkan medan magnet maka arus akan mengalir pada *coil*. Kekuatan medan magnet dinyatakan dengan satuan Tesla, 1 Tesla sama dengan 10.000 Gauss (Hashemi dan Bradley, 2010).

Suatu sistem MRI tidak hanya membutuhkan medan magnet yang kuat tetapi juga harus memberikan suatu sinyal radiofrekuensi (RF) dengan tujuan untuk memperoleh respon dari organ yang diperiksa. Pembangkitan medan RF tersebut dilakukan tidak berdasarkan radiasi ionisasi seperti halnya

yang terjadi pada sinar-X yang dapat mengubah struktur kimiawi pada zat yang terkena, tetapi ini berdasarkan dengan pembangkitan medan RF yang dapat menimbulkan pemanasan pada jaringan.

Pulsa RF yang diserap oleh tubuh ketika medan elektromagnetik dipancarkan disebut efek *Specific Absorption Rate* (SAR). Efek SAR didefinisikan sebagai daya yang diserap per masa jaringan dan memiliki satuan watt per kilogram (W/Kg). Efek SAR dapat menyebabkan perubahan temperatur pada jaringan tubuh (Bushong, 2004).

Pada saat proses pencitraan gambar, sebagian besar medan elektromagnetik RF yang ditransmisikan berubah menjadi panas dalam jaringan tubuh sehingga dapat berakibat kerugian (Shellock, 2000).

Peningkatan temperatur tubuh karena pulsa RF dapat membuat pasien merasa tidak nyaman dan memungkinkan terjadinya *motions artifact* karena pergerakan pasien. Selain itu, pada saat nilai SAR yang meningkat pada pesawat MRI diharapkan dapat segera merubah beberapa parameter akuisisi spesifik seperti *Time Repetition* (TR), jumlah irisan, *Echo Train Length* (ETL), dan/atau amplitudo pulsa RF seperti mengubah *flip angle* (FA) (Baker, 2004).

Penurunan nilai SAR yang dapat dilakukan secara manual dengan meningkatkan nilai TR yang mengakibatkan meningkatkan waktu *scanning*. Selain itu, menggunakan *flip angle* yang kecil sehingga daya RF yang dibutuhkan lebih rendah mengakibatkan nilai SAR dapat berkurang (Hancock, 2010).

Nilai SAR telah ditetapkan oleh *International Electrotechnical Commission* (IEC) dengan batas maksimum untuk tubuh 4 W/Kg, kepala 3.2 W/Kg, kepala dan tubuh 20 W/Kg, dan untuk ekstremitas 40 W/Kg. Nilai SAR dapat dilihat pada monitor pesawat MRI pada *SAR information* (Homann, 2011).

Temperatur rata-rata tubuh adalah 37°C dengan rentang normal 36°C hingga 37°C. Perubahan temperatur tubuh diatur oleh hipotalamus, namun dapat berubah karena pengaruh radiasi, konduksi panas dari kulit ke udara sekitar, maupun evaporasi air (Isnaeni, 2006).

Ambang batas peningkatan suhu tubuh karena efek SAR dalam batas aman hingga kenaikan 2°C. Kenaikan suhu tubuh ini dipengaruhi oleh berat badan pasien yang diperiksa. Sehingga, sebelum dilakukan pemeriksaan MRI perlu ditimbang berat badan

terlebih dahulu. Dengan dilakukannya penimbangan berat badan, diharapkan dapat mengetahui nilai SAR sehingga nilai peningkatan suhu tubuh dapat diketahui (Bushong, 2004).

Kenaikan temperatur tubuh tidak meningkat secara signifikan berdasarkan BMI yang meningkat. Kenaikan dikategorikan kelebihan berat badan tingkat ringan dan kelebihan berat badan tingkat berat (obesitas) (Depkes, 2002).

Pemeriksaan MRI *brain* merupakan pemeriksaan yang rutin dan sering dilakukan, pasien banyak yang merasakan pusing setelah dilakukan MRI *brain*. Selain itu, ketika pesawat MRI sudah melewati batas nilai SAR yang ditetapkan IEC, kita diminta untuk menaikkan nilai TR atau menurunkan *flip angle* untuk mengurangi paparan RF yang diserap tubuh, namun berakibat pada hasil citra yang tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina, terdapat berbagai macam pemeriksaan MRI. Pemeriksaan MRI *brain* merupakan pemeriksaan yang sering dilakukan, selama pemeriksaan berlangsung terkadang pasien mengeluhkan waktu pemeriksaan yang lama dan suara yang dihasilkan dari pesawat MRI yang mengganggu, selain itu pasien merasakan hangat dan berkeringat pada punggung setelah selesai dilakukan pemeriksaan MRI. Dikarenakan pesawat MRI dapat meningkatkan temperatur tubuh, maka kita diharapkan dapat mengubah beberapa parameter pada pemeriksaan MRI untuk pasien memiliki kelainan temperatur tubuh yang tinggi.

temperatur

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan eksperimental. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 1 sampai 10 April 2017 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina Jakarta. Populasi dan sampel penelitian adalah *volunteer* atau sukarelawan berjumlah 13 orang dengan variasi berat badan dari 45 kg hingga 75 kg. Pobandus memiliki temperatur tubuh normal berkisar 36 hingga 37 °C, tidak memiliki kelainan pada kepala, dan tidak takut dalam ruang sempit (*claustrophobia*).

nilai SAR dan

## Metode

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan kalibrasi terhadap alat ukur. Kalibrasi terhadap timbangan digital dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap air dalam plastik, dengan massa jenis air 1 g/cm<sup>3</sup> artinya pengukuran 1 liter air sama dengan 1 kg. Kalibrasi termometer digital dilakukan dengan menggunakan termometer raksa dan membandingkan pengukuran air yang dipanaskan pada rentang 32 hingga 42 °C. Kalibrasi terhadap nilai RF pesawat MRI dengan menggunakan phantom dan memasukkan nilai berat badan 40 kg dan 80 kg pada kolom registrasi kemudian lakukan *scanning* T2 axial TSE, setelah selesai *scanning* lihat nilai RF pada SAR *information* bagian *time averaged RF power* nilai yang ditampilkan harus sama.

Prosedur penelitian dengan melakukan pengukuran berat badan dengan menggunakan timbangan digital dan pengukuran temperatur tubuh sebelum pemeriksaan MRI pada ruang tunggu pemeriksaan MRI. Pengukuran temperatur tubuh dilakukan dengan termometer digital, pengukuran dilakukan pada ketiak dalam keadaan *supine* diatas *transport table*. Selanjutnya dari ruang tunggu pemeriksaan MRI berpindah ke ruang pemeriksaan MRI dengan menggunakan *transport table* dalam keadaan *supine* untuk dilakukan pemeriksaan MRI *brain routine*.

berpindah ke ruang tunggu pemeriksaan MRI untuk dilakukan pengukuran temperatur tubuh setelah pemeriksaan MRI dalam keadaan *supine* untuk mengetahui nilai kenaikan temperatur tubuh. Pengukuran temperatur tubuh dilakukan pada ruang tunggu pemeriksaan karena tidak dimungkinkan melakukan pengukuran

Tabel 1. *Sequence MRI brain routine*

<i>Sequence</i>	<i>Waktu Scanning</i>
Localizer sagital	14 detik
Localizer coronal + axial	14 detik
T2 sagital FLAIR	3 menit 56 detik
T2 axial TSE	2 menit 30 detik
T1 axial SE	3 menit 42 detik
T2 axial FLAIR	3 menit 20 detik
T2 coronal FLAIR	4 menit 37 detik
DWI	1 menit 16 detik

Total waktu *scanning* 19 menit 49 detik.

Setelah melakukan pemeriksaan MRI *brain* berpindah ke *transport table* dengan cara bergeser. Dari ruang pemeriksaan MRI

temperatur tubuh dalam ruangan MRI. Selain itu, melihat nilai SAR pada SAR *information* pesawat MRI.

Analisis data dilakukan uji statistik dengan aplikasi SPSS 17. Data tersebut diolah dengan uji *regresi linear* untuk mengetahui apakah ada pengaruh antara variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh dan antara variasi berat badan terhadap nilai SAR, selain itu dibuat persamaan nilai pengaruh dan dibuat grafik untuk mengetahui kecenderungan.

**Hasil dan Pembahasan**

Penelitian ini dilakukan terhadap 13 probandus berjenis kelamin laki-laki 3 orang dan perempuan 10 orang, rentang usia 19 tahun sampai 27 tahun dengan berat 45 kg sampai 75 kg yang melakukan pengukuran berat badan, pengukuran temperatur tubuh sebelum dan sesudah dilakukan pemeriksaan MRI. Pemeriksaan MRI menggunakan *sequence brain routine*.

Tabel 2. Karakteristik probandus

Probandus	Umur / Jenis Kelamin	Berat Badan	Temperatur Tubuh
1	23 Th/ perempuan	45, 6 kg	36,3 °C
2	20 Th/ perempuan	48,9 kg	36,2 °C
3	21 Th/ perempuan	51,4 kg	36,1 °C
4	19 Th/ perempuan	52,1 kg	36,2 °C
5	19 Th/ perempuan	54,5 kg	36,1 °C
6	27 Th/ perempuan	55,2 kg	36,2 °C
7	20 Th/ perempuan	55,7 kg	36,0 °C
8	19 Th/ perempuan	57,1 kg	36,3 °C
9	20 Th/ perempuan	60,7 kg	36,0 °C

10	20 Th/ laki-laki	66,4 kg	36,4 °C
11	21 Th/ laki-laki	73,5 kg	36,1 °C
12	21 Th/ laki-laki	74,3 kg	36,0 °C
13	20 Th/ perempuan	74,5 kg	36,4 °C

Dari tigabelas probandus diperoleh kenaikan temperatur tubuh dari selisih temperatur setelah dilakukan pemeriksaan dengan sebelum dilakukan pemeriksaan MRI. Selain itu didapat nilai SAR dari SAR *information* monitor pesawat MRI.

1. Pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh pada pemeriksaan MRI *brain*

Tabel 3. Pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh

Berat Badan	Temperatur Tubuh	Temperatur Tubuh	Kenaikan Temperatur Tubuh
	Sebelum	Setelah	
	Pemeriksaan	Pemeriksaan	
45,6 kg	36,3 °C	37,2 °C	0,9 °C
48,9 kg	36,2 °C	37,3 °C	1,1 °C
51,4 kg	36,1 °C	37,1 °C	1,0 °C
52,1 kg	36,2 °C	37,1 °C	0,9 °C
54,5 kg	36,1 °C	36,9 °C	0,8 °C
55,2 kg	36,2 °C	36,9 °C	0,7 °C
55,7 kg	36,0 °C	36,7 °C	0,7 °C
57,1 kg	36,3 °C	37,1 °C	0,8 °C
60,7 kg	36,0 °C	36,6 °C	0,6 °C

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji statistik *regresi linear* untuk mengetahui pengaruh berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh.

Hasil uji statistik pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh pada pemeriksaan MRI *brain* menunjukkan adanya pengaruh, dapat dilihat dari hasil statistik *T test*.

Tabel 4. Hasil uji *paired T test* pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh

	N	Correlation	Sig.
Berat & Suhu	13	-0,942	0,000

temperatur tubuh dapat dilihat dari uji *regresi linear* pada kolom *R Square*.

Tabel 5. Hasil uji regresi *R Square* variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,942	0,887	0,887	0,0870

Untuk menentukan persamaan variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh dapat dilihat dari uji *regresi linear* pada kolom nilai B.

Tabel 6. Hasil uji regresi nilai B variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh

Model	Unstandardized			
	Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error		
1 (Constant)	2,098	0,152	13,795	0,000
berat	-0,024	0,003	-0,9312	0,000

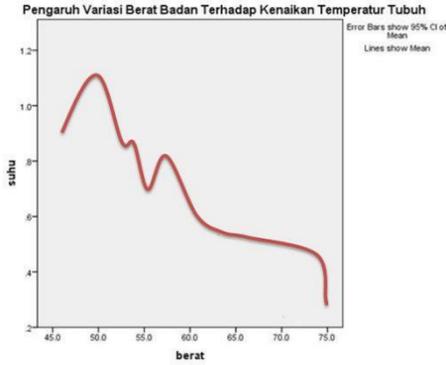
2. Pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR pada pemeriksaan MRI *brain*

Tabel 7. Pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR

Berat Badan	Nilai SAR
45,6 kg	0,4 W/Kg
48,9 kg	0,4 W/Kg
51,4 kg	0,4 W/Kg

Untuk melihat hubungan variasi berat badan terhadap

kenaikan temperatur tubuh dapat dilihat dengan grafik dibawah ini.



Gambar 1. Grafik pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh

Untuk menentukan nilai pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan

52,1 kg	0,4 W/Kg
54,5 kg	0,4 W/Kg
55,2 kg	0,4 W/Kg
55,7 kg	0,5 W/Kg
57,1 kg	0,5 W/Kg
60,7 kg	0,5 W/Kg
66,4 kg	0,5 W/Kg
73,5 kg	0,5 W/Kg
74,3 kg	0,5 W/Kg
74,5 kg	0,5 W/Kg

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji statistik *regresi linear* untuk mengetahui pengaruh berat badan terhadap nilai SAR

Hasil uji statistik pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR pada pemeriksaan

MRI *brain* menunjukkan adanya pengaruh, dapat dilihat dari hasil statistik *T test*.

Tabel 8. Hasil uji *paired T test* pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR

	N	Correlation	Sig.
Berat & SAR	13	0,772	0,002

Untuk melihat hubungan variasi berat badan terhadap nilai SAR dapat dilihat dengan grafik dibawah ini.



Gambar 2. Grafik pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR

Untuk menentukan nilai pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR dapat dilihat dari uji *regresi linear* pada kolom *R Square*.

Tabel 9. Hasil uji regresi *R Square* variasi berat badan terhadap nilai SAR

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,772	0,596	0,560	0,0344

Untuk menentukan persamaan variasi berat badan terhadap nilai SAR dapat dilihat

1. Pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh pada pemeriksaan MRI *brain*

Dilakukan pengukuran berat badan dengan menggunakan timbangan digital, kemudian dilakukan pengukuran temperatur tubuh sebelum pemeriksaan MRI pada ketiak dalam keadaan *supine* diatas *transport table*. Pengukuran dilakukan pada ruang tunggu pemeriksaan MRI.

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan MRI *brain* dengan menggunakan *sequence brain routine* selama 19 menit 49 detik. Setelah dilakukan pemeriksaan MRI *brain*, berpindah ke *transport table* dengan cara bergeser dan melakukan pengukuran temperatur tubuh kembali pada ketiak dalam keadaan *supine* pada ruang tunggu pemeriksaan MRI. Kenaikan temperatur tubuh merupakan selisih dari nilai temperatur tubuh setelah dilakukan pemeriksaan dengan nilai temperatur tubuh sebelum dilakukan pemeriksaan MRI *brain*.

Ada korelasi yang sangat kuat antara variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh pada pemeriksaan MRI *brain* dengan *p value* <0,05 dan nilai determinasi *R Square* = 0,887 yang artinya 88,7% kenaikan temperatur tubuh dipengaruhi oleh berat badan sedangkan 11,3% kenaikan temperatur tubuh dipengaruhi oleh faktor lain. Didapat persamaan antara variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh yaitu  $y = 2,098 - 0,024x$  dengan *y* adalah

temperatur tubuh dan *x* adalah berat badan. Artinya, setiap penurunan berat badan dari uji *regresi linear* pada kolom nilai B.

Tabel 10. Hasil uji regresi nilai B variasi berat badan terhadap nilai SAR

<i>Model</i>	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	<b>B</b>	<i>Std. Error</i>		
1 (Constant)	0,214	0,060	3,561	0,004
berat	0,004	0,001	4,032	0,002

sebesar 0,024 kg akan mempengaruhi kenaikan temperatur tubuh sebesar 2,098 °C.

Secara grafik, pengaruh variasi berat badan terhadap perubahan temperatur tubuh semakin menurun. Kenaikan temperatur tubuh tertinggi sebesar 1,1 °C pada berat 48,9 kg dan kenaikan temperatur tubuh terendah sebesar 0,3 °C pada berat 74,5 kg.

Meskipun beberapa tingkat berat terjadi deviasi yaitu pada berat badan 45,6 kg dan 57,1 kg secara keseluruhan tingkat kenaikan temperatur tubuh mengalami penurunan.

Pada kelas interval pertama (45 kg hingga 54 kg) kenaikan temperatur tubuh berkisar 0,9 °C hingga 1,1 °C, pada kelas interval kedua (55 kg hingga 64 kg) kenaikan temperatur tubuh berkisar 0,6°C hingga 0,8 °C, dan pada kelas interval ketiga

(antara 65 kg hingga 75kg) kenaikan temperatur tubuh berkisar 0,3 °C hingga 0,5 °C.

Berdasarkan hasil penelitian, secara keseluruhan setelah dilakukan pemeriksaan MRI terjadi kenaikan temperatur tubuh yang disebabkan oleh paparan RF yang diserap oleh tubuh selama akuisisi belangsung. Menurut Shellock (2000), jumlah panas dalam tubuh selama akuisisi MR tergantung pada jumlah energi RF yang diserap dan disebut nilai SAR.

Sinyal RF yang dipaparkan dari pesawat MRI menyebabkan perpindahan energi ke tubuh dan menyebabkan pemanasan jaringan. Menurut McRobbie (2006), Radiofrekuensi berpotensi memberikan efek seperti deposisi energi, dapat menyebabkan pemanasan pada jaringan.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan antara berat badan dan kenaikan temperatur tubuh saling berpengaruh dengan nilai negatif, semakin berat nilai berat badan maka temperatur tubuh semakin menurun. Hal ini disebabkan karena orang memiliki berat badan berlebih memiliki banyak lemak. Lemak yang berada pada bawah kulit dapat berfungsi menjaga temperatur tubuh pada saat terjadinya perubahan suhu. Menurut Isnaeni (2006), lemak bawah kulit manusia berfungsi untuk menjaga suhu tubuh terhadap perubahan suhu yang terjadi baik panas maupun dingin.

Selain itu, orang dengan berat badan berlebih memiliki permukaan tubuh yang besar, sehingga penyerapan radiofrekuensi dari pesawat MRI tersebar keseluruh tubuh sehingga perubahan temperatur tubuh hanya berpengaruh sedikit. Menurut Bushong (2004), kenaikan temperatur tubuh dipengaruhi paparan medan RF dan waktu paparan selama pemeriksaan MRI. Paparan RF menyesuaikan permukaan obyek yang menentukan nilai serap atau nilai SAR.

Kenaikan temperatur tubuh selama pemeriksaan MRI tidak berbanding lurus dengan kuat paparan medan RF, karena apabila medan magnet kuat, kenaikan

temperatur tubuh cenderung sedikit. Menurut Dery (2013), kenaikan temperatur tubuh tidak meningkat secara signifikan berdasarkan BMI yang meningkat. Kenaikan temperatur tubuh bergantung pada

kekuatan medan magnet, nilai SAR dan lama waktu pemeriksaan.

2. Pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR pada pemeriksaan MRI *brain*

Dilakukan pengukuran berat badan dengan menggunakan timbangan digital, kemudian memasukkan hasil pengukuran berat badan pada kolom registrasi berat badan. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan MRI *brain* dengan menggunakan *sequence brain routine* selama 19 menit 49 detik. Setelah dilakukan pemeriksaan MRI *brain*, melihat nilai SAR pada *SAR information* yang terdapat pada monitor pesawat MRI.

Ada korelasi yang sedang antara variasi berat badan terhadap nilai SAR pada pemeriksaan MRI *brain* dengan *p value*

$<0,05$  dan nilai determinasi *R Square* = 0,596 yang artinya 59,6% nilai SAR dipengaruhi oleh berat badan sedangkan 40,4% nilai SAR dipengaruhi oleh faktor lain. Didapat persamaan antara variasi berat badan terhadap nilai SAR yaitu  $y = 0,214 + 0,004x$  dengan *y* adalah nilai SAR dan *x* adalah berat badan. Artinya, setiap kenaikan berat badan sebesar 0,004 kg akan mempengaruhi kenaikan nilai SAR sebesar 0,214 W/Kg.

Secara grafik, pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR kepala mengalami kenaikan. Pada berat 45,6 kg hingga 55,2 kg nilai SAR kepala sebesar 0,4 W/Kg, pada berat 55,7 kg hingga 74,5 kg nilai SAR kepala mengalami kenaikan menjadi 0,5 W/Kg. Nilai SAR hanya

memperlihatkan angka 0,4 W/Kg dan 0,5 W/Kg, hal ini karena SAR kepala terukur hanya dapat menunjukkan angka 1/10.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan antara berat badan dan nilai SAR berpengaruh dengan nilai positif, semakin berat nilai berat badan maka nilai SAR akan semakin besar. Hal ini dikarenakan nilai prosentase SAR obyek terukur semakin meningkat bila semakin berat. Pada berat badan 45,6 kg prosentase SAR kepala terukur 12,7% dan pada berat badan 74,5 kg prosentase SAR kepala terukur 14,8%. Semakin berat obyek maka semakin besar amplitudo yang diperlukan untuk mendapatkan citra MRI. Menurut Collins (2011), nilai SAR lokal suatu obyek selalu bervariasi sesuai dengan besarnya jaringan.

## Simpulan

Ada pengaruh variasi berat badan terhadap kenaikan temperatur tubuh pada pemeriksaan MRI *brain*. Ada korelasi yang sangat kuat dengan  $p$  value <0,05 dan nilai determinasi  $R$  Square = 0,887 yang artinya 88,7% kenaikan temperatur tubuh dipengaruhi oleh berat badan sedangkan 11,3% kenaikan temperatur tubuh dipengaruhi oleh faktor lain. Semakin berat nilai berat badan maka semakin rendah peningkatan temperatur tubuh dengan persamaan didapat  $y = 2,098 - 0,024x$ . Kenaikan temperatur tubuh yang menurun bila nilai berat badan semakin berat disebabkan karena adanya lemak pada jaringan bawah kulit yang dapat menjaga suhu baik panas maupun dingin dan paparan RF menyesuaikan permukaan obyek yang menentukan nilai SAR.

Ada pengaruh variasi berat badan terhadap nilai SAR pada pemeriksaan MRI *brain*. Ada korelasi yang sedang dengan koefisien korelasi  $r = 0,772$  dengan  $p$  value <0,05 dan nilai determinasi  $R$  Square = 0,596 yang artinya 59,6% nilai SAR dipengaruhi oleh berat badan sedangkan 40,4% nilai SAR dipengaruhi oleh faktor lain. Semakin berat nilai berat badan maka semakin tinggi nilai SAR dengan persamaan didapat  $y = 0,214 + 0,004x$ . Nilai SAR yang meningkat disebabkan karena amplitudo pulsa RF menyesuaikan ketebalan organ yang diperiksa.

## Daftar Pustaka

- Baker, Kenneth B., Tkach, Jean A, dkk. 2004. *Evaluation of Specific Absorption Rate as a Dosimeter of MRI-Related Implant Heating*. Cleveland Cliic Foundation, Cleveland, Ohio.
- Bushong, Stewart C. 2004. *MRI Physical and Biological Principles 3<sup>rd</sup> ed*. CV Mosby Company, USA.
- Collins, Christopher M dan Zhangwei Wang. 2011. *Calculation of Radiofrequency Electromagnetic Fields and Their Effects in MRI of Human Subjects*. Department of Radiology, The Pennsylvania State University.

Depkes. 2002. *Petunjuk Teknis Pemantauan Status Gizi Orang Dewasa dengan Indeks Massa Tubuh (IMT)*. Jakarta.

Dery, Theresa Bebaaku, Joseph Kwabena Amoako, Emmanuel Ofori Darko, Augustine Kwame Kyere, dan Mary Boadu. 2013. *Temperature Changes in the*

- Brain of Patients Undergoing MRI Examination*. Radiological and Medical Sciences and Research Institute, Ghana.
- Eknoyan, Garabed. 2008. *The Average Man and Indices of Obesity*. Oxford University.
- Hancock, James. 2010. *MRI Study Guide*. Australian Institute of Radiography, Australia.
- Hashemi, Bradley dan Lisanti. 2010. *MRI the Basics*. Williams & Wilkin, Philadelphia, USA.
- Homann, Hanno. 2011. *SAR Prediction and SAR Management for Parallel Transmit MRI*. Institute of Bimedical Engineering Karlsruhe Institute of Technology.
- Isnaeni, Wiwi. 2006. *Fisiologi Manusia*. PT. Rineka Cipta, Bandung.
- Kaila, M.M, dan Rakhi Kaila. 2013. *Molecular Imaging of the Brain*. Springer, New York.
- Kaut Roth, Carolyn. 2002. *MRI : Imaging Procedures, Patient Care and Safety*. Spriner Publising, Verlag, USA.
- Kaut Roth, Carolyn. 2002. *MRI : Basic Physics, Instrumentation, and Quality Control*. Blackwell Science, Carlton, Victoria.
- Kim, Myeong Seong. 2016. *Investigation of Factors Affecting Body Temperature Changes During Routine Clinical Head Magnetic Resonance Imaging*. Korean National Cancer Center, Korea.
- Kozier, Barbara, dkk. 2010. *Fundamental Keperawatan : Konsep, Proses, dan Praktik*. Jakarta : EGC.
- Marincas, Cristinel, Marius Mada, Horatiu Rotaru, Adrian Carpenter, dan Radu Ciupa. 2013. *The Termal Effect of Radio Frequency Waves near Dental Implants during MRI Examination at 3 T*. European Social Fund Sectorial Operational Program Human Resources, UK.
- McRobbie, D, Moore. A, Graves. M dan Prince. M. 2003. *MRI From Picture to Proton 2<sup>nd</sup> ed*. Cambrige University Press, UK, Cambridge.
- McRobbie, D. W. 2006. *Functional MRI : An Introduction to Methods*. Oxford University Press Inc, New York.
- Pudjiadi, Antonius dkk. 2010. *Pedoman Pelayanan Medis Ikatan Dokter Anak Indonesia Jilid I*. Pengurus Pusat Ikatan Dokter Anak Indonesia, Jakarta.
- Rasad, Sjahriar. 2006. *Radiologi Diagnostik 2<sup>nd</sup> ed*. Badan Penerbit FKUI, Jakarta.
- Shellock, Frank G. 2000. *Radiofrequency Energy-Induced Heating During MR*

*Procedures : A Review.* University of Southern Los Angeles, California.

Suhandi, Iwan. 2007. *Biologi.* Widya Gamma, Jakarta.

Suripto. 2010. *Fisiologi Manusia.* Penerbit ITB, Bandung.

Wang, Zhangwei dan Christopher M. Collins. 2010. *Effect of RF Pulse Sequence on Temperature Elevation for a Given Time-Average SAR.* Department of Radiology and Bioengineering, The Pennsylvania State University, Hershey.

Westbrook, Catherine. 2014. *Handbook of MRI Technique 3<sup>rd</sup> ed.* Wiley-Blackwell, UK, Cambridge.

Westbrook, Chaterine, Carolyn Kaut Roth, dan John Talbot. 2011. *MRI in Practice 4<sup>th</sup> ed.* Wiley-Blackwell Sciene Ltd, United Kingdom.

Woodward, Peggy. 2001. *MRI for Technologist, 2<sup>nd</sup> Edition.* McGraw-Hill Medical Publishing Division, Sydney.