

## PENGUJIAN KINERJA PESAWAT *MAGNETIC RESONANCE IMAGING* DI PROVINSI BALI

### PERFORMANCE TEST OF MRI MACHINES IN THE PROVINCE OF BALI

Gusti Bagus Yudhi Jaya Putra Atmaja<sup>1)</sup>, Gatot Murti Wibowo<sup>2)</sup>, Bagus Abimanyu<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Poltekkes Kemenkes Semarang

e-mail: [gustibagusyudhi@gmail.com](mailto:gustibagusyudhi@gmail.com)

#### ABSTRACT

**Background:** The research of performance test of MRI machines were done by doing performance test of nine different parameters in three hospitals in the province of Bali, where in two of these three hospitals are having troubled MRI machines which directly affected the image quality and therefore this research is also aimed to find out the performance of MRI machines in some hospitals in the province of Bali and intended as a baseline data if there will another test.

**Methods:** This research is a quantitative study with survey approach. The tools and materials for this research were three MRI machines, which was consisted of two 1,5 Tesla machines and a 0,3 Tesla machine, phantom ACR, and MRI head coil. The data were collected by doing nine MRI performance testing procedures with ACR (2015) as a guideline and then the data were analyzed using international standards issued by ACR (2015).

**Results:** Visual checklist test result of all the hospitals get 12 pass every day from the first day to the twentieth day. SNR test in Badung Regional General Hospital obtain measurement results of 268.17 and in The Board Of Tabanan General Hospital at 15.78 and at Sanglah Central General Hospital of 2.4. To test the artifact analysis only in The Board Of Tabanan General Hospital only found one type of artifact is the artifact geometric distortion. In testing the high contrast resolution in Sanglah Central General Hospital and Badung Regional General Hospital get the same result, namely insert a separate resolution of up to a third group, and the The Board Of Tabanan General Hospital insert a separate resolution to the second group. The test results in low contrast resolution Sanglah Central General Hospital and Badung Regional General Hospital get the same result, namely that there are 10 spokes are visible, then the The Board Of Tabanan General Hospital number of spokes that appear are 9 spokes. In testing the slice thickness accuracy in Sanglah Central General Hospital get the standard deviation of measurement of 5.12mm and in Badung Regional General Hospital get the standard deviation and the measurement of 0.64mm in The Board Of Tabanan General Hospital get the standard deviation of measurement of 0.48mm. Results of the geometric accuracy test in The Board Of Tabanan General Hospital has a difference measurement of 4.2mm X axis, Y-axis of 1.3mm, and has no difference in the Z-axis, in Badung Regional General Hospital has a difference of X-axis measurement of -3.1mm, have no difference in the Y axis the Z axis of 2mm, in Sanglah Central General Hospital has a difference measurement of 1.36mm X axis, Y-axis and Z-axis of 0.39mm for -3.53mm. The test results slice position accuracy in Sanglah Central General Hospital get the standard deviation measurements for -1.33mm, in The Board Of Tabanan General Hospital of 0.85mm, and in Badung Regional General Hospital of -0.3mm. For the test setup and table position accuracy throughout the hospital to get the same measurement is 5mm.

**Conclusion:** Out of nine parameters in the test : only four parameters, which were high contrast resolution test, low contrast resolution test, slice position accuracy test, and setup and table position accuracy test, that met the international standards in all hospitals, whereas all the hospital didn't meet the international standards in geometric accuracy test. There were two hospitals that didn't meet the international standards in signal to noise ratio test, while one hospital didn't meet the standards in artifact analysis test and slice thickness accuracy test.

**Keywords :** *Performance Test Of MRI Machines, Province Bali, Phantom ACR, ACR guideline*

#### PENDAHULUAN

*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) adalah suatu alat kedokteran di bidang pemeriksaan diagnostic radiologi, yang menghasilkan citra potongan penampang tubuh manusia atau organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 Tesla (1 Tesla = 10.000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen (Bushberg,2002). Sebagai salah satu sarana penegakan diagnosa pada suatu kelainan maka kualitas citra pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) menjadi suatu hal yang penting untuk diperhatikan, maka dari itu diperlukan suatu program pengendalian mutu kualitas citra, baik sejak dari pengadaan, pemasangan, penggunaan, dan pemeliharaan pesawat MRI untuk memastikan bahwa operasional dari pesawat MRI tersebut berjalan dengan lancar sehingga

nantinya akan dihasilkan kualitas citra yang selalu baik, tepat, dan akurat.

Menurut Papp (2006) prosedur pengendalian mutu pada modalitas *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dibuat untuk mendokumentasikan perbedaan dari hasil pengukuran tersebut dan untuk menetapkan standar pengukuran kinerja sistem secara harian meskipun pengertian standar bervariasi dari *scanner* satu ke *scanner* yang lainnya. Salah satu usaha dalam penjaminan mutu kualitas citra tersebut adalah dengan melakukan prosedur *quality control* (QC) atau kendali mutu, yang merupakan bagian dari program penjaminan mutu berkaitan dengan teknik pengawasan dan perawatan dari unsur-unsur sistem teknik yang berpengaruh terhadap kualitas citra. Tujuan dari kendali mutu tersebut adalah untuk menemukan adanya perubahan atau potensinya pada performa sistem dari pesawat *Magnetic Resonance Imaging* (MRI).

Salah satu bagian dari program *quality control* (QC) atau kendali mutu tersebut adalah uji kinerja pesawat *Magnetic Resonance Imaging* (MRI).

Uji kinerja pada pesawat *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) berdasarkan frekuensi pengujian dibagi menjadi dua yaitu uji yang bersifat harian atau mingguan dan uji yang bersifat tahunan. Uji yang bersifat tahunan diantaranya yaitu *Magnetic Field Homogeneity*, *Slice Position Accuracy*, *Slice Thickness Accuracy*, dan *Radiofrequency Coils*, sedangkan yang termasuk uji harian atau mingguan yaitu uji *Signal To Noise Ratio* (SNR), *Center Frequency*, *Transmit Gain*, *Setup and Table Positioning Accuracy*, *Artifact Analysis*, *Film Quality Control*, dan *Visual Checklist* (Papp,2006).

Sebagian rumah sakit di provinsi bali sedang mengalami beberapa gangguan pada pesawat MRInya maka dari itu diperlukan pelaksanaan uji *quality control* (QC) untuk menilai kinerja pesawat MRI tersebut sehingga nantinya akan diketahui kesesuaian dari hasil uji yang didapat dengan standar nilai uji yang telah ditetapkan secara internasional oleh ACR (2015), selain itu juga nantinya akan diketahui hasil pengujian dari tiap-tiap pesawat MRI yang terdapat di Provinsi Bali.

**METODE**

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan survey. Pengambilan data dilakukan pada bulan November 2016 di 3 rumah sakit berbeda di Provinsi Bali yaitu di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah, Rumah Sakit Umum Daerah Badung, dan Badan Rumah Sakit Umum Tabanan. Alat dan bahan pada penelitian ini yaitu 3 pesawat MRI yang terdiri dari 2 pesawat MRI 1,5 Tesla dan 1 pesawat MRI 0,3 Tesla, *phantom* ACR, dan koil kepala.

Prosedur penelitian menggunakan panduan ACR (2015) yang diawali dengan melakukan pengujian tanpa menggunakan *phantom* yaitu pengujian *visual checklist*. Setelah pengujian tanpa menggunakan *phantom* selesai dilanjutkan dengan melakukan pengujian dengan menggunakan *phantom* yang diawali dengan memasang *phantom* pada koil kepala selanjutnya memilih protocol potongan sagital pada pemeriksaan *brain* sebagai *localizer* sagital dengan parameter sebagai berikut: *Sagital Spin-Echo*, dengan TR = 200ms, TE = 20ms, *Slice Thickness* = 20mm, FOV = 25cm, Matrix = 256 x 256, dan NEX = 1. *Localizer* sagital ini digunakan sebagai perencanaan pengambilan potongan aksial selanjutnya, dengan parameter potongan aksial sebagai berikut: T1 WI *Spin Echo Axial*, dengan TE = 20ms, TR = 500ms, FOV = 25cm, Matrix = 256 x 256, *Slice Thickness* = 5mm, dan NEX = 1. Setelah semua citra tersebut didapat, kemudian dilakukan 9 pengujian dengan menggunakan *phantom* yaitu pengujian *Signal To Noise Ratio*, *Artifact Analysis*, *High Contrast Resolution*, *Low Contrast Resolution*, *Slice Thickness Accuracy*, *Geometric Accuracy*, *Slice Position Accuracy*, dan *Setup and Table Position Accuracy*. Selanjutnya analisis data dilakukan dengan cara membandingkan dari hasil pengukuran dari tiap masing-

masing pengujian dengan nilai standar internasional yang telah ditetapkan oleh ACR (2015).

**HASIL**

1. Pengujian tanpa menggunakan *phantom*

a. Pengujian *Visual Checklist*

Dari hasil pengujian *visual checklist* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : seluruh rumah yang dilakukan pengujian ini mendapatkan jumlah *pass* yang sama yaitu 12 *pass* setiap harinya untuk seluruh parameter mulai hari pertama hingga hari kedua puluh, sehingga semua parameter yang terdapat pada tabel *visual checklist* tersebut lolos uji *visual checklist* dan masih dalam keadaan baik.

2. Pengujian dengan menggunakan *phantom*

a. Pengujian *Signal To Noise Ratio*



Gambar 1. Grafik hasil Pengujian Signal To Noise Ratio

Dari grafik hasil pengujian *signal to noise ratio* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : di RSUD Badung mendapatkan hasil pengukuran nilai SNR yang tertinggi yaitu sebesar 268.17 dan di BRSU Tabanan mendapatkan hasil pengukuran SNR yaitu sebesar 15,78 serta di RSUP Sanglah mendapatkan hasil pengukuran nilai SNR yaitu sebesar 2,4

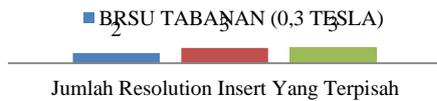
b. Pengujian *Artifact Analysis*

Dari tabel hasil pengujian *artifact analysis* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : pada BRSU Tabanan ditemukan satu jenis *artifact* pada citra MRInya, Pada RSUD Badung dan RSUP Sanglah tidak ditemukan jenis *artifact* apapun pada citra MRInya.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Artifact Analysis*

Jenis	BRSU	RSUD	RSUP	Slice
<i>Artifact</i>	TABANAN	BADUNG	SANGLAH	Ke -
<i>Streak</i>	Ada / Tidak	Ada / Tidak	Ada / Tidak	-
<i>Shading</i>	Ada / Tidak	Ada / Tidak	Ada / Tidak	-
<i>Geometric Distortion</i>	Ada / Tidak	Ada / Tidak	Ada / Tidak	Slice ke-5
<i>Blurring</i>	Ada / Tidak	Ada / Tidak	Ada / Tidak	-

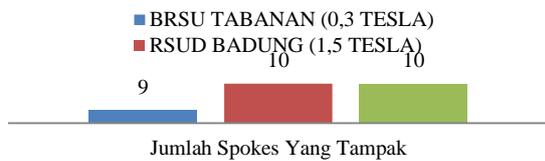
c. Pengujian *High Contrast Resolution*



Gambar 2. Grafik hasil Pengujian Hight Contrast Resolotiuin

Dari grafik hasil pengujian *high contrast resolution* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : pada RSUD Badung dan RSUP Sanglah sama – sama mendapatkan hasil *resolution insert* yang terpisah hingga kelompok yang ketiga. Lalu pada BRSU Tabanan *resolution insert*nya hanya terpisah hingga kelompok kedua.

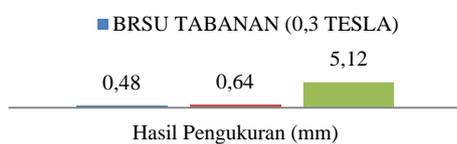
d. Pengujian *Low Contrast Resolution*



Gambar 3. Grafik hasil Pengujian Low Contrast Resolution

Dari grafik hasil pengujian *low contrast resolution* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : pada RSUD Badung dan RSUP Sanglah sama – sama mendapatkan jumlah *spokes* yang tampak yaitu sebanyak 10 *spokes*. Lalu pada BRSU Tabanan mendapatkan jumlah *spokes* yang tampak sebanyak 9 *spokes*.

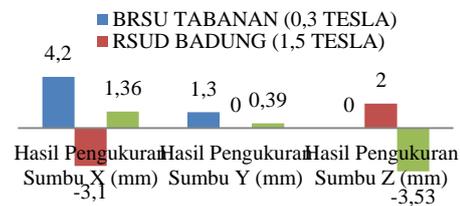
e. Pengujian *Slice Thickness Accuracy*



Gambar 4. Grafik hasil Pengujian Slice Thickness Accuracy

Dari grafik hasil pengujian *slice thickness accuracy* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : pada RSUP Sanglah mendapatkan hasil pengukuran *slice thickness accuracy* dengan standar deviasi yaitu sebesar 5,12mm. Lalu pada RSUD Badung mendapatkan hasil pengukuran *slice thickness accuracy* dengan standar deviasi sebesar 0,64mm dan pada BRSU Tabanan mendapatkan hasil pengukuran *slice thickness accuracy* dengan standar deviasi sebesar 0,48mm.

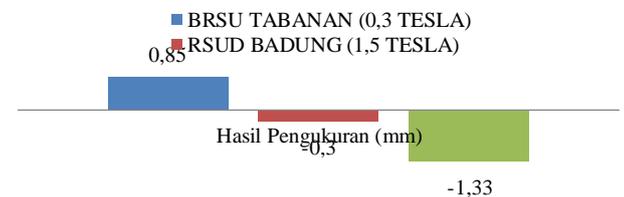
f. Pengujian *Geometric Accuracy*



Gambar 5. Grafik hasil Pengujian Geometric Accuracy

Dari grafik hasil pengujian *geometric accuracy* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : Hasil pengukuran sumbu X di BRSU Tabanan memiliki selisih yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran sumbu X yang sebenarnya, dengan selisih sebesar 4,2mm. Lalu hasil pengukuran sumbu X di RSUD Badung memiliki selisih sebesar -3,1mm dan hasil pengukuran sumbu X pada RSUP Sanglah memiliki selisih sebesar 1,36mm. Pengukuran sumbu Y di BRSU Tabanan juga memiliki selisih hasil pengukuran sumbu Y yang paling tinggi jika dibandingkan dengan ukuran sumbu Y yang sebenarnya dengan selisih sebesar 1,3mm. Lalu pada RSUP Sanglah memiliki selisih hasil pengukuran sumbu Y sebesar 0,39mm dan pada RSUD Badung tidak memiliki selisih hasil pengukuran sumbu Y sehingga ukuran sumbu Y di RSUD Badung sama dengan ukuran sumbu Y yang sebenarnya. Hasil pengukuran sumbu Z di RSUP Sanglah memiliki selisih yang paling tinggi dibandingkan dengan sumbu Z yang sebenarnya dengan selisih sebesar -3,53mm. Lalu hasil pengukuran sumbu Z di RSUD Badung memiliki selisih sebesar 2mm dan pada BRSU Tabanan tidak memiliki selisih pengukuran sumbu Z sehingga ukuran sumbu Z di BRSU Tabanan sama dengan ukuran sumbu Z yang sebenarnya.

g. Pengujian *Slice Position Accuracy*

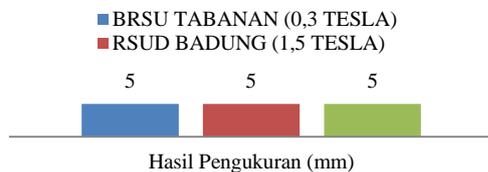


Gambar 6. Grafik hasil Pengujian Slice Position Accuracy

Dari grafik hasil pengujian *slice position accuracy* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : pada RSUP Sanglah mendapatkan hasil pengukuran *slice position accuracy* dengan standar deviasi yaitu sebesar - 1,33mm. Lalu pada BRSU Tabanan mendapatkan hasil pengukuran *slice position accuracy* dengan standar

deviasi sebesar 0,85mm dan pada RSUD Badung mendapatkan hasil pengukuran *slice position accuracy* dengan standar deviasi sebesar -0,3mm

#### h. Pengujian *Setup And Table Position Accuracy*



Gambar 7. Grafik hasil Pengujian *setup and table*

Dari grafik hasil pengujian *setup and table position accuracy* diatas didapatkan hasil sebagai berikut : Semua rumah sakit yang dilakukan pengujian *setup and table position accuracy* mendapatkan hasil pengukuran yang sama yaitu sebesar 5mm.

## PEMBAHASAN

### 1. Pengujian *Signal Noise To Ratio*

Pada pengujian *Signal Noise To Ratio* sebagian besar rumah sakit tidak memenuhi standar pengujian internasional yaitu BRSU Tabanan dan RSUP Sanglah sedangkan pada RSUD Badung hasil pengujian *Signal To Noise Ratio* sudah memenuhi standar pengujian internasional. Menurut Dominik (2006) nilai SNR dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu : *receiver bandwidth, field of view (FOV), size of the (image) matrix, number of acquisitions, scan parameters (TR, TE, flip angle), selection of the transmit, receiver coil (RF coil), magnetic field strength*. Pada pengujian ini telah menggunakan parameter yang ditetapkan oleh ACR (2015) sehingga faktor – faktor yang mempengaruhi nilai SNR seperti *receiver bandwidth, field of view (FOV), size of the (image) matrix, number of acquisitions, dan scan parameters (TR, TE, flip angle)* dapat dikesampingkan. Sedangkan faktor lainnya yang dapat mempengaruhi nilai SNR seperti faktor *selection of the transmit, receiver coil* dan *magnetic field strength* dapat menyebabkan penurunan nilai SNR karena *magnetic field strength* pada pesawat MRI di BRSU Tabanan hanya 0,3 Tesla dan *receiver coil* pada BRSU Tabanan juga telah mengalami gangguan pada *RF switch* nya karena pada saat selesai pemeriksaan petugas ruang MRI melepaskan *RF switch* secara tidak berhati – hati sehingga faktor – faktor tersebut dapat menyebabkan penurunan nilai SNR. Sedangkan pada pesawat MRI di RSUP Sanglah penurunan nilai SNR dapat disebabkan oleh *receiver coil* karena *receiver coil* pada RSUP sanglah terjadi mengalami gangguan yang disebabkan karena pada saat selesai pemeriksaan petugas ruang MRI tidak melepaskan *RF switch* yang terdapat pada *receiver coil* sehingga hal tersebut menyebabkan *receiver*

*coil* menjadi sering *error*. Menurut ACR (2015) gangguan pada komponen *coil* dapat mempengaruhi impedansi *coil* dan dapat mengakibatkan penurunan *Image Uniformity* dan *Signal To Noise Ratio*

Maka dari itu ACR (2015) menyarankan sebaiknya menggunakan *Magnitude-reconstructed images* karena *software* tersebut dapat membuat hasil citra yang dihasilkan terbebas dari kesalahan dalam sinyal MRI dan pastikan juga bahwa *coil* tidak berpindah – pindah pada saat melakukan *scanning* dan sebaiknya juga menghubungi *service engineer* agar dapat dilakukan pengujian *Radiofrequency Coil Checks* untuk dapat memastikan kinerja dari *RF coil* tersebut dan agar dapat dilakukan *recalibrating* pada *quadrature channels* dari *receiver coil*, hal tersebut dapat mengurangi *noise* yang terdapat pada citra yang dihasilkan nantinya.

### 2. Pengujian *Artifact Analysis*

Pada pengujian *Artifact Analysis* hanya satu dari tiga rumah sakit yang dilakukan pengujian ini tidak memenuhi standar pengujian internasional yaitu BRSU Tabanan, dimana pada *slice* kelima terdapat *artifact geometric distortion*. Menurut ACR (2015) faktor – faktor yang menyebabkan *artifact geometric distortion* yaitu *misscalibrated* pada satu atau lebih dari *gradient coil* tersebut, *misscalibrated* pada *gradient coil* dapat menyebabkan *gradient x, y, atau z* dalam citra yang dihasilkan tampak melengkung atau lebih panjang atau lebih pendek daripada yang sebenarnya. *Gradient coil* perlu waktu untuk melakukan *warm up* dan untuk menstabilisasikan *gradient* nya ketika *gradient coil* dihidupkan. Pada salah satu *gradient coil* di BRSU Tabanan telah mengalami gangguan beberapa waktu lalu sehingga hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya *artifact geometric distortion*.

Maka dari itu ACR (2015) menyarankan sebaiknya permasalahan ini disampaikan kepada *service engineer* agar dapat dilakukan *calibrating* dengan baik pada *gradient coil*nya.

### 3. Pengujian *Slice Thickness Accuracy*

Pada pengujian *Slice Thickness Accuracy* hanya satu dari tiga rumah sakit yang dilakukan pengujian ini tidak memenuhi standar pengujian internasional yaitu RSUP Sanglah. Menurut ACR (2015) faktor – faktor yang dapat menyebabkan kegagalan pada pengujian ini antara lain : *RF amplifier* yang tidak linier dapat menyebabkan distorsi pada bentuk pulsa RF sehingga pada beberapa *scanner*, seorang *service engineer* harus secara berkala mengkalibrasi *RF power amplifier* nya dan terjadinya malfungsi di mana saja di bagian *high-power RF portion* yang terdapat di *scanner* seperti *RF power amplifier*, kabel *coaxial, RF switch*, dan pada *transmitter* yang terdapat di *coil* itu sendiri sehingga bentuk pulsa yang dihasilkan dapat terdistorsi serta kalibrasi *gradient coil* yang buruk juga dapat menyebabkan kegagalan pada pengujian ini. *RF coil* di RSUP Sanglah sering mengalami gangguan sedangkan *RF power amplifier* dan *gradient coil* di RSUP Sanglah juga tidak pernah dilakukan kalibrasi secara

berkala sehingga faktor – faktor tersebut yang dapat menyebabkan kegagalan pada pengujian ini.

Maka dari itu ACR (2015) menyarankan sebaiknya permasalahan ini disampaikan kepada *service engineer* agar dapat dilakukan *recalibrating* pada radiofrekuensi *amplifier power* nya agar dapat linier kembali dan *gradient coil* nya juga dapat dilakukan *recalibrating* dengan baik.

#### 4. Pengujian *Geometric Accuracy*

Pada pengujian *Geometric Accuracy* seluruh rumah sakit yang dilakukan pengujian ini tidak memenuhi standar pengujian internasional, dimana pada BRSU Tabanan dan RSUD Badung sumbu x nya tidak memenuhi standar pengujian internasional, sedangkan pada RSUP Sanglah sumbu z nya tidak memenuhi standar pengujian internasional. Menurut ACR (2015) faktor – faktor penyebab yang paling umum dari kegagalan pengujian ini yaitu *misscalibrated* pada satu atau lebih dari *gradient coil* tersebut, *misscalibrated* pada *gradient coil* dapat menyebabkan *gradient* x, y, atau z dalam citra yang dihasilkan tampak melengkung atau lebih panjang atau lebih pendek daripada yang sebenarnya. *Gradient coil* perlu waktu untuk melakukan warm up dan untuk menstabilisasikan *gradient* nya ketika *gradient coil* dihidupkan. Penyebab lainnya yang menyebabkan kegagalan pada pengujian ini yaitu penggunaan *receiver bandwidth* yang rendah dengan tujuan untuk meningkatkan nilai *signal to noise ratio*, hal ini dapat menyebabkan terjadinya inhomogenitas pada medan magnet sehingga distorsi pada citra semakin besar dan menyebabkan kesalahan dimensi yang signifikan dalam citra *phantom* tersebut. Selain itu penyebab terjadinya inhomogenitas pada medan magnet antara lain pengaturan yang tidak tepat pada *offsets gradient*, *shim magnet* yang aktif maupun yang pasif, atau terdapat benda – benda *ferromagnetic* seperti pisau saku atau jepit rambut yang besar pada *bore magnet*. Inhomogenitas pada medan magnet sering terjadi terutama pada pesawat MRI yang menggunakan sistem *open magnet*, yang secara keseluruhan memiliki jumlah *gradient* linier dan homogenitas medan magnet yang kecil. *Receiver bandwidth* yang digunakan pada pengujian ini sudah sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh ACR (2015) sehingga hal tersebut dapat dikesampingkan. Pada salah satu *gradient coil* di BRSU Tabanan telah mengalami gangguan beberapa waktu lalu dan pesawat MRI di BRSU Tabanan menggunakan sistem *open magnet* sehingga inhomogenitas magnetnya tinggi dan faktor – faktor tersebut menyebabkan kegagalan pada pengujian ini. Pesawat MRI di RSUD Badung dan RSUP Sanglah tidak menggunakan sistem *open gantry* sehingga hal tersebut dapat kesampingkan sedangkan *gradient coil* di RSUD Badung dan RSUP Sanglah tidak pernah dilakukan *calibrating* sehingga faktor tersebut yang dapat menyebabkan kegagalan pada pengujian ini.

Maka dari itu ACR (2015) menyarankan sebaiknya permasalahan ini disampaikan kepada *service engineer* agar dapat dilakukan *calibrating* pada *gradient coil*nya dan dapat dilakukan pengujian *Magnetic Field Homogeneity*

karena inhomogeneity magnet yang cukup besar dapat menyebabkan kegagalan *geometric accuracy* sehingga setelah pengukuran tersebut dapat dilakukan pengujian *geometric accuracy* ulang.

## SIMPULAN

Hasil penelitian tentang pengujian kinerja pesawat MRI dari sembilan parameter yang diuji, hanya empat parameter saja yaitu pengujian *high contrast resolution*, *low contrast resolution*, *slice position accuracy* dan *setup and table position accuracy* yang memenuhi standar pengujian internasional di seluruh rumah sakit, sedangkan pada pengujian *geometric accuracy* seluruh rumah sakit tidak memenuhi standar pengujian internasional. Pada pengujian *signal to noise ratio* terdapat dua rumah sakit yang tidak memenuhi standar pengujian internasional, sedangkan pada pengujian *artifact analysis* dan *slice thickness accuracy* terdapat satu rumah sakit yang tidak memenuhi standar internasional.

Sebaiknya dilakukan pengujian *Radiofrequency Coil Checks* pada rumah sakit yang mengalami kerusakan pada *RF coil*nya agar dapat lebih memastikan kinerja dari *RF coil* tersebut dan sebaiknya dilakukan juga pengujian *Magnetic Field Homogeneity* pada seluruh rumah sakit yang gagal pada pengujian *Geometric Accuracy* karena hal tersebut merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kegagalan pada pengujian *Geometric Accuracy* serta sebaiknya seluruh *misscalibrating* yang terjadi pada semua komponen pesawat MRI disampaikan kepada *service engineer* sehingga dapat dilakukan *recalibrating*.

## DAFTAR PUSTAKA

- American College Radiology. 2015. Magnetic Resonance Imaging (MRI) Quality Control Manual (hal 22-100), America
- American College Radiology. 2002. Site Scanning Instruction For Use Of The MR Phantom For The ACR MRI Accreditation Program (hal 5), America
- Clarke D, Geoffrey. 2015. Overview Of The ACR MRI Accreditation Phantom (hal 1-9), University Of Texas Southwestern Medical Center. Dallas
- Hurter, D. 2004. A Short Overview Of MRI Artefacts (hal 13-16), Departemen Of Diagnostic Radiology University Of The Free State. Bloemfontein
- Hasemi, H. R and Bradley G. 1997. The Basic MRI (hal 39), Second Edition. The Williams & Wilkins: New York.
- Kaljuste, Doris and Mait Nigul. 2014. Evaluation Of The ACR MRI Phantom For Quality Assurance Test Of 1.5 Tesla MRI Scanners In Estonian Hospitals (hal 329-333), Medical Physics. Estonia
- NessAiver, Moriel S. 2008. The Physics Components Of The ACR MRI Accreditation Program Are Overly Tedious And Beyond What Is Needed To Ensure Good Patient Care (hal 3420), Department Radiology University Of Alabama. Birmingham
- Papp, Jeffrey. 2006. Quality Management In The Imaging Science (hal 243-251), Third Edition. Saint Louis : Mosby
- Ruan, Chun. 2003. MRI Artifacts Mechanism And Control (hal 1-8). University of Texas Southwestern Medical Center. Dallas
- Robbie, Mc. 2006. MRI From Picture To Proton (hal 1), Second Edition. Cambridge University Press. New York
- Somasundaram, K. 2012. Analysis Of Imaging Artifacts In MR Brain Images (hal 136-140), Department Of Computer Science And Applications Gandhigram Rural Institute Deemend University. Tamil Nadu. India
- Weishaupt, Dominik. 2006. How Does MRI Work (hal 7-42), Second Edition. Springer Berlin Hiedelberg. New York