ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan
Pendidikan Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan
Program Sarjana Terapan Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi
Politeknik Kesehatan Kementrian Kesehatan Jakarta II

DISUSUN OLEH ;

REGHINA ELGUSIA
NPM: P2.31.30.1.17.042

PROGRAM SARJANA TERAPAN

TEKNOLOGI RADIOLOGI PENCITRAAN

JURUSAN TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI

POLITEKNIK KESEHATAN KEMENTRIAN JAKARTA II

2021

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

Yang dibuat dan diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan, Program Sarjana Terapan Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Politeknik Kesehatan Kementrian Kesehatan Jakarta II, adalah benar hasil karya penelitian saya sendiri dan bukan merupakan tiruan, duplikasi atau plagiat karya penelitian orang lain yang sudah dipublikasi dan atau pernah dibuat untuk jenjang pendidikan di Politeknik Kesehatan Kementrian Kesehatan Jakarta II maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya, sesuai dengan kaidah ilmiah.

Jakarta, 02 Juli 2021



REGHINA ELGUSIA
NPM: P2.31.30.1.17.042

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai Civitas Akademik Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reghina Elgusia

NPM : P2.31.30.1.17.042

Program Studi : Teknologi Radiologi Pencitraan

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II. Hak Bebas Royalti Non Ekslusif (*non-exclusive royalty free rigth*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE*(AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :Jakarta

Pada tanggal : 02 Juli 2021

Yang menyatakan



REGHINA ELGUSIA

NPM: P2.31.30.1.17.042

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

ANALISI KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

DISUSUN OLEH :

REGHINA ELGUSIA
NPM : P2.31.30.1.17.042

Telah di setujui dan dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan Program Sarjana Terapan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kementrian Kesehatan Jakarta II untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Terapan,

Jakarta, 02 Juli 2021
Mengesahkan,

Pembimbing Materi,	Pembimbing Teknis,
Dr. Nursama Heru A, S.Si, M.Si	**Dra. Hj. Gando Sari, M.Kes**
NIP : 196404201989031002	**NIP : 195811231982032009**

Ketua,
Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi
Poltekkes Kemenkes Jakarta II

Dr. Nursama Heru A, S.Si, M.Si
NIP : 196404201989031002

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul :

ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

DISUSUN OLEH :

REGHINA ELGUSIA

NPM : P2.31.30.1.17.042

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan Program Sarjana Terapan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kementrian Kesehatan Jakarta II untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Terapan.

Pada tanggal 02 Juli 2021

Dewan Penguji

1. Dr. Nursama Heru A, S.Si, M. Si : _____
   Penguji I

2. Dra. Hj. Gando Sari, M.Kes : _____
   Penguji II

3. Samsun, S.Si, M.Si : _____
   Penguji III

INTISARI

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI RADIOLOGI PENCITRAAN, PROGRAM SARJANA TERAPAN JURUSAN TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI POLITEKNIK KESEHATAN KEMENTRIAN KESEHATAN JAKARTA II

SKRIPSI, 2021

REGHINA ELGUSIA

ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

xi + V BAB + 43 halaman + 14 gambar + 1 tabel + 2 lampiran

Radiofrequency coil merupakan salah satu komponen dari sistem MRI dimana sinyal MRI dipancarkan dan diterima atau hilang. Spesifikasi, desain, konstruksi, evaluasi dan penerapan RF *coil* yang dipilih dengan benar sangat penting untuk pemindaian MRI yang aman dan sukses.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menganalisa keunggulan dari AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* terhadap proses pemeriksaan MRI.

Desain penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kualitatif dengan metode studi kepustakaan dengan mengumpulkan data berupa jurnal, buku dan artikel yang terkait dengan penelitian. Penelitian dilakukan di Jakarta pada bulan Februari – Mei 2021. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah literatur yang membahas tentang penggunaan AIR *coil* pada proses pemeriksaan MRI.

Hasil dari analisa perbandingan ini menunjukkan bahwa AIR *coil* unggul dalam meningkatkan SNR, mengurangi noise, dan pencitraan paralel yang sangat baik dibandingkan *conventional coil*. Desain AIR *coil* lebih praktis, fleksibel, ringkas dan ringan meningkatkan kenyamanan pasien dan kestabilan sinyal. AIR *coil* lebih praktis digunakan saat masa pandemi COVID-19 karena akan lebih mudah untuk disterilisasikan.

Kata kunci : RF coil MRI, AIR (*Adaptive Image Receive*) coil, *Conventional coil*

Daftar Bacaan : 19 (2003-2021)

ABSTRACT
BACHELOR OF APPLIED SCIENCE STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF RADIOLOGY IMAGING TECHNOLOGY
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENTERIAN KESEHATAN
JAKARTA II

THESIS, 2021

REGHINA ELGUSIA

THE EXCELLENCE ANALYSIS OF ADAPTIVE IMAGE RECEIVE (AIR)COIL COMPARED TO CONVENTIONAL COIL ON MRI PROCEDURE

xi + V CHAPTERS + 43 pages + 14 images + 1 table + 2 attachments

A Radiofrequency coil is an MRI component where an MRI signal being emitted and received or disappear. The choosing of specification, design, construction, evaluation, and application for the RF coil is very important to achieve a safe and successful MRI scan.

The purpose of this research is to analyze the excellence of AIR coil compared to conventional coil on MRI procedure.

The research design used is descriptive qualitative with literature review method by collecting journals, books, and articles that related to the research. The research has been done in Jakarta from February to May 2021. The sample used is literature that discusses the application of AIR coil on MRI procedures.

The result of the comparative analysis shows that the AIR coil is more excellent at increasing SNR, decreasing noise, and more excellent parallel imaging compared to the conventional coil. The design of the AIR coil is more practical, flexible, supple, and light also increasing patient's comfort and signal stability. The AIR coil is more practical at the COVID-19 pandemic because easier to sterilize.

Keywords : RF coil MRI, AIR (Adaptive Image Receive) coil, Conventionalcoil

Reference(s) : 19 (2003-2021)

004.003.004 20/08/2021

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan nikmat yang diberikan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi dengan judul:

" Analisis Keunggulan *Adaptive Image Receive* (AIR) *coil* dibandingkan *Conventional coil* Terhadap Proses Pemeriksaan MRI" dengan menggunakan *literature review* diajukan sebagai salah satu syarat untuk ujian akhir Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan, Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kementrian Jakarta II.

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang tentunya selalu mendo'akan dan mendukung setiap langkah anaknya.
2. Kedua kakak yang selalu memberi dukungan dan motivasi.
3. Bapak Dr. Nursama Heru A, S.Si, M.Si selaku ketua jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi sekaligus sebagai Pembimbing Akademik serta Pembimbing Materi yang telah banyak membantu memberikan saran dalam skripsi ini.
4. Ibu Dra. Hj. Gando Sari, M.Kes selaku Pembimbing Teknis yang juga telah banyak membantu memberikan saran dalam skripsi ini
5. Seluruh dosen dan staf jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II.
6. Batrisya yang selalu menghibur dengan tingkah yang lucu disaat pikiran sedang lelah.
7. Seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa yang terbaik, serta semangat dan motivasi yang tiada henti.
8. Agung yang selalu memberikan dukungan, semangat, doa yang terbaik dan motivasi sampai saat ini.
9. Syafti Hanifa, Ranty Syahrully, Rasya Ziyan Putri K yang telah memberikan kebahagiaan, tempat bertukar cerita selama kuliah.

10. Teman teman seperbimbingan yang selalu membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman teman seperjuangan yang telah memberikan warna selama masa perkuliahan.
12. Kak Dila, Kak Wira, Kak Dini, Kak Ai yang telah membantu segalanya dari awal masuk kuliah.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini, adanya keterbatasan ruang gerak untuk melakukan penelitian di lapangan, akibat adanya pandemic COVID-19 di Indonesia , penulis telah berusaha semaksimal mungkin, namun penulis menyadari masih banyak kekurangannya. sehingga dengan rendah hati penulis berharap sumbang saran dan kritik guna memperbaiki kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Jakarta, Juni 2021



Reghina Elgusia

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI iii
LEMBAR PENGESAHAN iv
LEMBAR PERSETUJUAN v
INTISARI vi
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
BAB I 13
PENDAHULUAN 13
A. Latar Belakang 13
B. Rumusan Masalah 16
C. Batasan Masalah 16
D. Tujuan Penelitan 16
E. Manfaat Penelitian 16
F. Keaslian Penelitian 17
BAB II 18
KAJIAN TEORI DAN KERANGKA KONSEP 18
A. Kajian Teori 18
B. Kerangka Konsep 32
BAB III 33
METODE PENELITIAN 33
A. Desain Penelitian 33
B. Tempat dan Waktu Penelitian 33
C. Populasi dan Sampel Penelitian 33
D. Instrumen Penelitian 33
E. Teknik Pengumpulan Data 33
F. Pengolahan dan Analisis Data 34

BAB IV 35
HASIL DAN PEMBAHASAN 35
A. Hasil Penelitian 35
B. Pembahasan Studi Kepustakaan 39
BAB V 43
PENUTUP 43
A. Kesimpulan 43
B. Saran 43
DAFTAR PUSTAKA
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 out of phase dan in phase 20
Gambar 2. 2 relaksasi T1 22
Gambar 2. 3 relaksasi T2 22
Gambar 2. 4 konfigurasi *surface coil* 28
Gambar 2. 5 desain konduktor fleksibel untuk AIR *coil* 30
Gambar 2. 6 desain kumparan RF elemen tunggal untuk AIR 30

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Magnetic Resonance Imaging atau biasa disebut dengan MRI adalah teknik pencitraan *non invasive* yang telah dan akan terus memiliki peranan penting di dalam komunitas medis (11). MRI mencakup banyak bidang sains dan teknologi yang digunakan utuk memeriksa atom dan molekul. Hal tersebut didasarkan pada interaksi antara medan magnet terapan dan partikel yang memiliki *spin* dan muatan (6). Tidak seperti kebanyakan teknik pencitraan lain seperti *X-Ray Computed Tomography* (CT) , MRI tidak membutuhkan paparan subjek terhadap radiasi pengion sehingga dianggap aman bagi pasien serta kemampuannya untuk mendapatkan gambaran potongan axial,coronal,sagittal dan oblique secara langsung (3,11).

Aspek terpenting dalam menghasilkan gambaran MRI yaitu instrumentasi yang digunakan. Salah satu komponen utama pada instrumentasi MRI yaitu sistem *Radiofrequency* (RF) (6). Tujuan dari sistem RF yaitu untuk mengirimkan (*transmit*) dan menerima (*receive*) radiasi elektromagnetik selama akuisisi gambar. Radiasi elektromagnetik menggambarkan gelombang yang merambat melalui ruang hampa dengan kecepatan cahaya dan memiliki sifat listrik dan magnet. Dengan alasan itulah RF yang digunakan pada MRI disebut sebagai medan magnet sekunder (B_1), yang mana B_0 menjadi medan magnet utama (18). Sistem pemancar (*transmitter*) RF bertanggung jawab untuk menghasilkan dan menyiarkan pulsa RF yang digunakan untuk mengeksitasi proton. Pemancar RF berisi empat komponen utama: synthesizer frekuensi, amplop digital frekuensi RF, amplifier daya tinggi, dan *coil* atau antenna (6).

Semua pengukuran MRI memerlukan *coil* transmitter untuk menyiarkan pulsa RF. Meskipun *coil* transmitter dapat berukuran dan bentuk apa pun, salah satu persyaratan yang harus dipenuhi adalah bahwa mereka menghasilkan bidang B_1 yang efektif tegak lurus dengan B_0. Fitur lain dari

coil transmitter paling banyak adalah bahwa mereka dapat menghasilkan eksitasi RF yang seragam di atas area yang diinginkan, sehingga volume dapat didefinisikan dalam *coil* di mana semua proton mengalami jumlah energi RF yang sama (6). Konfigurasi *coil* RF *transmitter* dan *receiver* secara langsung mempengaruhi kualitas sinyal MR. Ada beberapa jenis *coil* yang saat ini digunakan dalam MRI, diantaranya ; *transmit/receive coil*, *surface coil*, *phased array coil* (linear array), dan *parallel imaging coil* (volume array) (17).

Pada tahun 2011, GE healthcare memperkenalkan rangkaian *coil Geometry Enabled Method* (GEM). *GEM Flex Coils* dibuat untuk menyesuaikan tubuh pasien dengan menyesuaikan ukuran dan bentuk agar lebih pas dengan anatomi yang akan diperiksa. Array fleksibel memberikan kualitas gambar keseluruhan yang lebih tinggi, menggunakan desain *phased array* 16 *channel* dengan topologi elemen yang padat, sekaligus meningkatkan kenyamanan pasien dan alur kerja teknolog. Konsep GEM adalah langkah pertama dalam kemajuan mendesain ulang dan menata ulang teknologi *coil*.

Di RSNA (*Radiological Society of North America*) pada tahun 2016, GE healthcare melanjutkan evolusi teknologi *coil* dengan teknologi *Adaptive Image Receive* (AIR), dengan konsep baru dalam desain *coil*. AIR *coil* dikembangkan untuk mengatasi beberapa kebutuhan klinis yaitu dengan SNR tinggi, geometri yang dioptimalkan untuk pencitraan paralel maksimum, desain adaptif yang sesuai dengan 99,9% pasien dan sangat ringan. (15)

Pada tahun 2017, desain baru elemen *coil* RF dengan profil fisik yang fleksibel dan rendah yang disebut sebagai *Adaptive Image Receive* (AIR) coil diluncurkan. *Coil* RF memiliki sifat listrik yang unik di mana efek induksi bersama dan konektor kapasitif antara elemen *coil* berkurang secara signifikan sehingga memungkinkan *coil* ditempatkan dengan kepadatan *coil* yang lebih tinggi dalam konfigurasi yang tidak dapat dicapai menggunakan *coil* RF konvensional. Selain itu, fleksibilitas tinggi dan profil fisik AIR *coil* yang rendah memungkinkan mereka untuk diintegrasikan ke dalam bahan-bahan seperti selimut yang dapat sesuai langsung dengan tubuh pasien. Oleh karena itu desain *coil* baru ini memegang janji untuk mengatasi banyak keterbatasan yang telah ditempatkan pada pencitraan MRI (13).

Menurut literatur yang ada, diketahui bahwa banyak kelebihan dari AIR *coil* dibandingkan dengan konvensional *coil* terhadap berlangsungnya proses pemeriksaan MRI. Tidak hanya dari segi kenyamanan pasien, tetapi berpengaruh juga terhadap waktu yang digunakan serta hasil gambaran yang di dapatkan. Untuk lebih mendalami keunggulan apa saja yang ada pada AIR *coil* dibandingkan *conventional coil*, perlu adanya analisa dan mengkaji tentang teknologi terbaru dari *coil* RF yaitu AIR *coil* ini. Oleh sebab itu penelitian kali ini dalam bentuk tinjauan pustaka dituangkan dalam bentuk tugas akhir yang berjudul **"Analisis Keunggulan AIR (*Adaptive Image Receiver*) Coil Dibandingkan *Conventional coil* Terhadap Proses Pemeriksaan MRI"**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Apa saja keunggulan dari AIR (*Adaptive Image Receive*) coil dibandingkan *conventional coil* terhadap proses pemeriksaan MRI ?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam melakukan penelitian ini hanya membahas tentang keunggulan dan kekurangan dari AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* terhadap pemeriksaan MRI.

D. Tujuan Penelitan

1. Tujuan Umum

   Menganalisis keunggulan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* terhadap proses pemeriksaan MRI.

2. Tujuan Khusus
   a. Mengidentifikasi desain AIR *coil* dan *conventional coil*.
   b. Menganalisis perbandingan desain AIR *coil* dan *conventional coil*.
   c. Menganalisis keunggulan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* terhadap proses pemeriksaan MRI.

E. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan khususnya mengenai penggunaan *coil* RF pada proses pemeriksaan MRI.
2. Menambah pengetahuan mengenai keunggulan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* sehingga mendapatkan pembanding dalam kemudahan, keefektifan, dan keefisienan terhadap proses pemeriksaan MRI.

F. Keaslian Penelitian

Penelitian yang berjudul " Analisa Keunggulan AIR (*Adaptive Image Receive*) Coil Dibandingkan *Conventional coil* Terhadap Proses Pemeriksaan MRI" sepengetahuan penulis belum pernah dilakukan sebelumnya. Namun, penelitian ini mengacu kepada jurnal internasional yang berjudul " *Characterization and evaluation of a flexible MRI receive coil array for radiation therapy MR treatment planning using highly decoupled RF circuits*".

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA KONSEP

A. Kajian Teori

1. Konsep Dasar MRI

Magnetic Resonance (MR) didasarkan pada interaksi antara penerapan medan magnet dengan inti atom yang memiliki putaran/*spin*. Putaran inti atom memiliki momentum sudut yang merupakan salah satu dari beberapa unsur instrinsik atom yang nilainya tergantung pada elemen atom.

a. Karakteristik atom

Atom terdiri dari 3 unsur dasar , yaitu: proton (muatan positif), neutron (netral), dan elektron (muatan negative). Proton dan neutron terletak pada inti atom, sedangkan elektron terletak pada kulit atau orbital sekitar inti atom. Sifat yang paling sering digunakan untuk mengategorikan elemen adalah nomor atom dan bobot atom. Nomor atom adalah jumlah proton dalam inti dan merupakan indeks utama yang digunakan untuk membedakan atom satu dengan yang lain. Bobot atom adalah jumlah proton dan jumlah neutron. Atom dengan nomor atom yang sama namun memiliki bobot atom yang berbeda disebut isotop. Inti atom yang memiliki nomor dan bobot atom yang genap tidak memiliki putaran dan tidak bisa berinteraksi dengan medan magnet eksternal serta tidak bisa digunakan pada *Magnetic Resonance* (MR). (2)

Tubuh manusia terdiri dari 80% AIR , dan banyak elemen yang berbeda sekitar 110 elemen. AIR terdiri dari 2 atom hidrogen dan 1 oksigen. Atom hidrogen memiliki inti proton dan elektron. Atom hidrogen dijadikan sebagai sumber pencitraan MRI, dikarenakan banyak terdapat dalam tubuh manusia dan pada fisika quantum ada hal yang disebut rasio *gyromagnetic*. Rasio gyromagnetic disetiap proton berbeda, untuk hidrogen memiliki rasio terbesar yaitu 42,57 MHz/Tesla. Hidrogen bukan satu satunya elemen yang digunakan untuk pencitraan MR, elemen apapun bisa digunakan dengan syarat memiliki jumlah partikel ganjil dalam inti. (1)

b. Inti aktif MR

Konsep dasar dari MRI yaitu muatan inti yang berputar, sehingga menghasilkan medan magnet kecil yang disebut momen magnet. Atom hidrogen yang melimpah pada tubuh manusia dan terdiri dari satu proton ini berputar secara acak sehingga menghasilkan momen magnet sama dengan nol. Setiap inti hydrogen berputar pada sumbunya, dengan pengaruh B_0 menghasilkan putaran tambahan momen magnetik hydrogen di sekitar B_0. Putaran sekunder ini disebut presisi dan menyebabkan momen magnet berputar di sekitar B_0. Jalur yang diambil oleh momen magnet disebut jalur presisi dan kecepatan momen magnet di sekitar B_0 disebut frekuensi presessional. (19)

c. Frekuensi Presessional

Frekuensi presessional disebut juga dengan frekuensi larmor karena ditentukan oleh persamaa larmor. Satuan frekuensi presessional adalah Hertz (Hz) dimana 1 Hz adalah satu siklus atau rotasi per detik (s), dan 1 MegaHertz (MHz) adalah satu juta siklus atau rotasi per detik. Momen magnet semua inti *spin-up* dan *spin-down* di sekitar B_0 pada jalur presisi pada frekuensi presessional yang ditentukan oleh B_0. Frekuensi Presessional memiliki persamaan Larmor sebagai berikut :

$$\boldsymbol{\omega_0 = \gamma B_0}$$

dimana :

$\boldsymbol{\omega_0}$ = frekuensi presessional

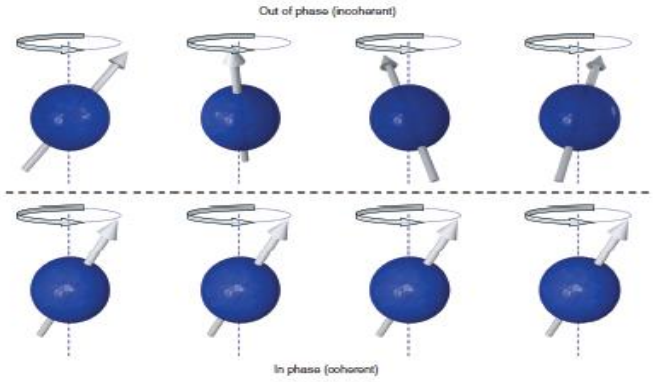
$\boldsymbol{\gamma}$ = konstanta rasio gyromagnetik

$\mathbf{B_0}$ = kuat medan magnet eksternal

(19,12). Frekuensi presessional tergantung pada rentang frekuensi dalam spektrum elektormagnetik gelombang radio (radiowaves). Oleh karena itu momen magnet hidrogen berputar presisi pada radio frequency (RF) yang relatif rendah. Inilah mengapa dari perspektif energi yang digunakan, MRI dianggap aman. Energi RF tidak cukup kuat untuk ionisasi. (18)

d. Fase Presessional

Fase mengacu pada posisi momen magnet berputar pada jalur presisi mereka. Satuannya adalah radian. Momen magnet melewati 360 radian selama satu rotasi.



Gambar 2. 1 out of phase dan in phase

Dalam konteksi ini, frekuensi adalah tingkat fase perubahan momen magnet ,yaitu ukuran seberapa cepat posisi fase momen magnet berubah dari waktu ke waktu. Posisi fase relatif dari semua momen magnet hidrogen berputar di jaringan :

1) *Out of phase* atau incoherent yaitu momen magnet dari putaran hidrogen berada di jalur yang berbeda pada jalur presisi pada saat yang tepat.
2) *In phase* atau coherent yaitu momen magnet dari putaran hidrogen berada di tempat yang sama pada jalur presisi di saat yang tepat.

Saat istirahat momen magnet berputar keluar dari fase satu sama lain. (18)

e. Resonansi

Pulsa RF diterapkan untuk menginduksi resonansi. Resonansi adalah transisi energi yang terjadi ketika objek mendapat frekuensi yang sama dengan frekuensinya sendiri. Penerapan RF untuk menginduksi resonansi yaitu pada frekuensi yang sama dengan momen magnet presesi putaran momen magnet dan pada 90˚ ke B_o. Hal ini menyebabkan hidrogen berputar beresonansi, sedangkan inti aktif MR lainnya tidak beresonansi. Dikarenakan mereka memiliki rasio *gyromagnetic* dan frekuensi presessional yang berbeda dengan hidrogen. Mereka hanya akan beresonansi jika RF pada frekuensi presessional

spesifik mereka diterapkan. Karena RF hanya diterapkan pada frekuensi yang sama dengan frekuensi presessional hidrogen, maka hanya putaran hidrogen yang beresonansi. Pada saat hidrogen berputar dan beresonasi maka terjadinya penyerapan energi dan koherensi fase. (18)

f. Sinyal MR

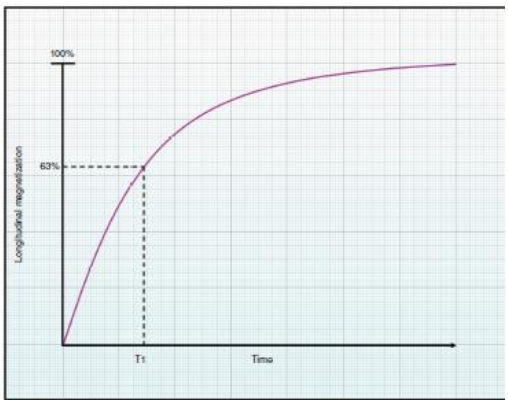
Resonansi menyebabkan presesi magnetisasi *in phase* atau coherent pada bidang melintang. Medan magnet yang berubah ini menghasilkan arus listrik. Menurut hukum Faraday, medan magnet yang berubah menyebabkan pergerakan partikel bermuatan, yaitu elektron. Aliran elektron ini adalah arus, dan jika kumparan penerima ditempatkan di medan magnet yang bergerak, yaitu magnetisasi yang mendahului di bidang melintang, tegangan yang dihasilkan oleh arus ini diinduks dalam kumparan penerima. Tegangan ini disebut sinyal dan diproduksi ketika pemotongan magnetisasi coherent (*in phase*) di seluruh kumparan. Frekuensi sinyal tergantung pada frekuensi rotasi medan magnet, besarnya sinyal tergantung pada jumlah magnetisasi coherent yang ada dalam bidang melintang. (19)

Jika area sinyal tinggi akan menghasilkan kontras gambaran yang tinggi (putih pada gambaran), namun jika area sinyal rendah akan menghasilkan kontras gambar yang rendah (gelap pada gambaran). Beberapa area yang memiliki sinyal perantara akan menghasilkan gambaran abu abu (antara putih dan hitam). (18)

2. Relaksasi T1 dan T2

a. Relaksasi T1

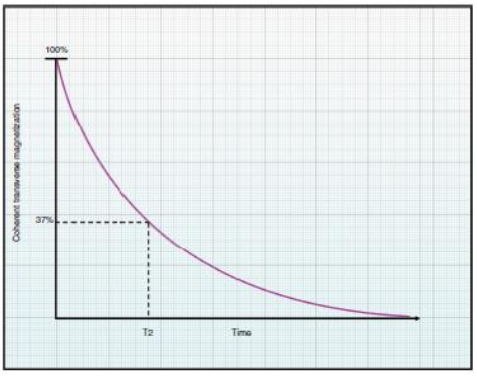
T1 adalah waktu yang diperlukan oleh relaksasi longitudinal untuk pulih setelah pulsa RF dimatikan. T1 adalah waktu ketika relaksasi longitudinal mencapai kembali ke 63% dari nilai aslinya. Waktu relaksasi T1 dalam jaringan relatif lambat, dengan nilai mulai dari beberapa milidetik hingga beberapa detik. Setelah 3 periode waktu T1, momen magnet akan kembali 95% dari nilainya sebelum pulsa eksitasi momen magnet nol. Relaksasi T1 di istilahkan sebagai *spin-lattice*, mengacu kepada fakta bahwa proton yang berputar (*spin*) mentransfer energinya ke lingkungannya (lattice) daripada ke proton lain. (4.19).



Gambar 2. 2 relaksasi T1

b. Relaksasi T2

T2 adalah waktu yang diambil oleh relaksasi transversal untuk menghilang. T2 adalah waktu yang diambil oleh relaksasi transversal untuk meluruh hingga 37% dari nilai maksimumnya. Relaksasi T2 juga dikenal sebagai waktu relaksasi *spin-spin*. Relaksasi *spin-spin* mengacu pada transfer energi dari proton yang bersemangat ke proton terdekat lainnya. Hanya relaksasi *spin-spin* yang tidak dapat diubah dan tidak pulih oleh pulsa RF 180˚ sehingga hilangnya fase coherent dan amplitudo sinyal untuk spin echo hanya karena relaksasi T2. (4,19)



Gambar 2. 3 relaksasi T2

3. Parameter MRI

a. Parameter Ekstrinsik

1) *Time Repitition* (TR)

TR yaitu waktu dari pengaplikasian satu pulsa RF ke aplikasi berikutnya untuk irisan tertentu. ini diukur dalam *milisecond* (ms). TR mempengaruhi panjang periode relaksasi dalam irisan tertentu setelah penerapan satu pulsa eksitasi RF awal berikutnya.

2) *Time Echo* (TE),

TE yaitu waktu antara pulsa eksitasi RF dan pengumpulan sinyal. TE mempengaruhi lamanya periode relaksasi setelah pemberhentian pulsa eksitasi RF dan puncak sinyal yang diterima di kumparan penerima. TE juga diukur dalam *milisecond* (ms). (18)

3) *Time Inversion* (TI)

TI yaitu waktu antara pulsa inversi 180^{o} dan pulsa eksitasi pencitraan. TI digunakan dalam *Inversi Recovery* (IR). Echo Train IR dan urutan gradien echo , dan menentukan jumlah waktu yang diizinkan untuk relaksasi T1 setelah pulsa inversi. Waktu TI pendek memungkinkan relaksasi T1 minimum, sedangkan waktu TI yang panjang memungkinkan relaksasi T1 yang signifikan sebelum pulsa eksitasi pencitraan. Pilihan TI yang tepat memungkinkan penekanan sinyal jaringan berdasarkan waktu relaksasi T1 mereka. (2)

4) *Echo Train Length* (ETL)

ETL yaitu jumlah echo yang diukur mengikuti pulsa eksitasi yang digunakan untuk menghasilkan gambaran. Panjang echo train digunakan dalam echo train spin echo dan urutan IR echo train. Panjang echo train yang lebih panjang memungkinkan waktu pemindaian yang lebih singkat melalui pengumpulan data yang lebih efisien. Waktu minimal TR peririsan lebih lama dibandingkan echo train yang lebih panjang, menghasilkan pelemahan sinyal yang lebih besar melalui relaksasi T2 serta membutuhkan TR yang lebih lama untuk mendapatkan jumlah irisan yang sama.(2)

5) *Flip Angle*

Flip Angle yaitu jumlah rotasi jauh dari sumbu keseimbangan yang dijalani momen magnet melalui penyerapan RF. *Flip angle* biasanya 90^{o} untuk menghasilkan magnetisasi transvers maksimum. *Flip angle* juga sebanding dengan jumlan sinyal yang dihasilkan oleh proton dan terkait dengan jumlah energi yang diserap. *Flip angle*, TR dan nilai T1 pada jaringan, menentukan jumlah pembobotan T1 pada gambaran. (2)

6) *b value*

b value yaitu parameter kontras ekstrinsik yang mengontrol bagaimana kontras diturunkan dalam gambaran pembobotan difusi. Sensitifitas difusi dikendalikan oleh parameter b yang menentukan pelemahan difusi dengan modifikasi dari durasi dan amplitudo gradien difusi. *b value* dinyatakan dalam satuam s/mm^2. Nilai khas parameter b berkisar dari 500s/mm^2 hingga 1000s/mm^2. (18)

b. Parameter Instrinsik

1) *Field of View* (FOV)

FOV diukur dalam cm atau mm tergantung pada vendor dan menentukan panjang cakupan gambar MR disetiap bidang. FOV dapat diberikan sebagai nomor tunggal seperti 24cm untuk FOV persegi atau 24 × 20 cm untuk FOV persegi panjang. FOV persegi panjang dipilih terutama untuk mengurangi waktu pemindaian dan FOV yang lebih kecil hampir selalu mengacu pada FOV dalam arah *phase encoding*. Efek FOV pada gambar yang dihasilkan cukup mudah. FOV berbanding lurus dengan SNR dari gambar yang dihasilkan.(7)

2) *Imaging Matrix*

Imaging matrix MR tidak memiliki unit pengukuran apapun, tetapi hanya menujukkan jumah berapa banyak poin sampel atau pengukuran yang dibuat selama akuisisi. *Imaging matrix* yang lebih rendah akan diterapkan dalam arah fase untuk mengurangi total waktu pemindaian / *scan time*.(7)

3) *Slice Thickness*

Slice thickness didefinisikan dalam milimeter (mm) dan menentukan kedalaman voxel pada irisan phase encoding atau lebih sederhananya ketebalan irisan pada pencitraan. FOV, Matrix dan Slice Thickness digunakan

oleh pemindai MR untuk menghitung besaran gradien RF yang tepat untuk dapat membuat irisan dengan ketebalan yang diberikan. Semakin tebal irisannya, semakin tinggi pula SNR. Namun semakin tebal irisannya, resolusi semakin rendah pula.(7)

4) *Slice Gap*

Slice gap diukur dalam milimeter (mm) atau dalam persentase slice thickness tergantung pada produsen MR. *Slice Gap* diperlukan untuk mengurangi artefak *crosstalk* yang disebabkan oleh eksitasi irisan lain dengan penerapan irisan pulsa RF selektif yang tidak sempurna.(7)

5) *Numbe of Averages* (NSA) atau *Number of Excitation* (NEX)

NSA adalah indikasi berapa banyak rata rata sinyal yang diambil selama akuisisi MR. Ini biasanya dicapai dengan mengualngi akuisisi ke arah frekuensi dan mengambil rata rata sinyal sampel. NSA juga disebut NEX atau jumlah eksitasi. NSA atau NEX terutama digunakan untuk meningkatkan SNR dengan peningkatan waktu akuisisi. Peningkatan SNR berbanding lurus dengan kuadrat faktor peningkatan NEX. (7)

6) *Receiver Bandwidth* (RBW)

Receiver Bandwidth diukur dalam hertz atau kilohertz pada MRI. *Receiver Bandwidth* adalah rentang frekuensi yang digunakan secara akurat selama pengambilan sampling window. Mengurangi Bandwidth yang diterima menghasilkan lebih sedikit sampel noise relatif terhadap sinyal. Dengan menerapkan filter, frekuensi noise jauh lebih tinggi dan lebih rendah dari pada sinyal yang disaring.(19)

4. Kualitas Citra MRI

a. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

SNR didefinisikan sebagai rasio amplitudo sinyal yang diterima dengan amplitudo rata-rata *background noise*. *Noise* bersifat konstan untuk setiap pasien dan tergantung pada tubuh pasien, area yang sedang diperiksa, dan *noise* sistem yang melekat. Tujuan mengoptimalkan SNR yaitu untuk membuat kontribusi dari sinyal yang lebih besar daripada *noise*. Karena sinyal dapat diprediksi sedangkan noise tidak. Ini berarti menggunakan langkah langkah yang meningkatkan sinyal relatif terhadap *noise*, daripada

mengurangi *noise* relatif terhadap sinyal. Faktor faktor yang dapat mempengaruhi SNR yaitu: kuat medan magnet, proton density dari area yang diperiksa, tipe coil dan posisi, TR, TE, *Flip Angle*, NSA, *receive bandwidth*, dan volume voxel. (19)

b. *Contrast to Noise Ratio* (CNR)

CNR didefinisikan sebagai perbedaan SNR antara dua area yang berdekatan. CNR dipengaruhi oleh faktor yang sama dengan yang mempengaruhi SNR. CNR merupakan faktor yang paling penting dalam mempengaruhi kualitas gambar, karena secara langsung menentukan perbedaan area sinyal tinggi dari area sinyal rendah. Karena kontras gambar tergantung pada parameter instrinsik dan ekstrinsik,maka faktor-faktor ini juga mempengaruhi CNR. (19)

c. *Spatial Resolution*

Spatial Resolution didefinisikan sebagai kemampuan untuk membedakan antara dua titik yang berdekatan dengan pasien. Dikendalikan oleh ukuran voxel. Volume pencitraan dibagi menjadi irisan-irisan. Setiap irisan menampilkan area anatomi yang didefinisikan sebagai FOV. FOV dibagi menjadi pixel yang ukurannya dikendalikan oleh matriks gambar. Voxel didefinisikan sebagai area pixel dikalikan dengan ketebalan irisan. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi volume voxel yaitu : ketebalan irisan, FOV, dan matriks gambar. (18)

d. *Scan Time*

Scan time adalah waktu untuk menyelesaikan akuisisi data. *Scan time* dipengaruhi oleh faktor lain yang dipilih dalam protokol pemindaian. Pengoptimalan *scan time* sangat penting, karena *scan time* yang lama memberi pasien lebih banyak kesempatan untuk bergerak selama akuisisi. Setiap pergerakan pasien memungkinkan akan menurunkan kualitas gambar. Karena beberapa irisan dipilih selama akuisisi volumetrik 2 atau 3 dimensi, pergerakan selama jenis pemindaian ini mempengaruhi semua irisan. Selama akusisi berurutan, pergerakan pasien hanya mempengaruhi irisan yang diperoleh saat pasien bergerak. (18)

5. Radiofrequency *coil*

Radiofrequency coil adalah salah satu komponen dari sistem MRI dimana sinyal MRI dipancarkan dan diterima atau hilang. Oleh karena itu, spesifikasi, desain, konstruksi, evaluasi, dan penerapan RF *coil* yang dipilih dengan benar sangat penting untuk pemindaian MRI yang aman dan sukses. Beberapa komponen terpenting dalam pencitraan MRI adalah *receiver coil* (*coil* penerima). Pada prinsipnya *receiver coil* hanya *wire-loop* yang dapat digunakan ke dalam peralatan bersamaan dengan RF *coil*. Ini biasanya digunakan berpasangan untuk menutupi seluruh FOV. Namun, dalam kebanyakan kasus, *coil* terpisah digunakan karena spesifikasi untuk pemancar dan penerima tidak sama. *Receiver coil* harus dibentuk agar sesuai dengan anatomi yang akan dipelajari dan sekecil mungkin. Sangat penting bahwa *coil* yang terbaik dipilih untuk setiap pemindaian. (17, 8)

Pada semua pemindai MRI dilengkapi dengan beberapa *receiver coil*. Ini dirancang untuk menerima sinyal dari salah satu area anatomi yag dapat diperiksa menggunakan MRI. Kisaran dan bentuk *receiver coil* pada dasarnya hanya ada 2 jenis *receiver coil*, yaitu *surface coil* (*coil* permukaaan) dan *volume coil* (*coil* volume). Sesuai dengan namanya *surface coil* digunakan untuk gambaran permukaan anatomi dan *volume coil* digunakan ketika volume besar jaringan yang diperiksa. (19)

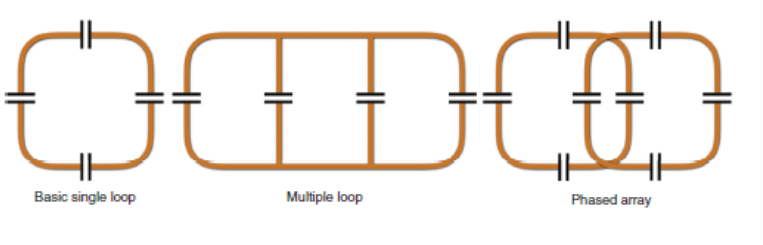
a. *Surface Coil* (*coil* permukaan)

Surface coil adalah *coil* yang dirancang khusus yang biasanya datar tetapi juga dapat berbentuk lain dan digunakan untuk mendapatkan gambar anatomi SNR tinggi yang dekat dengan permukaan. Kerugian dari penggunaannya yaitu berkurangnya *Field of View* (FOV). *Surface coil* dapat dibungkus dalam matriks karet atau plastik untuk membuatnya lentur atau dalam bahan komposit yang mengeras untuk meningkatkan stabilitas. *Surface coil* diletakkan pada permukaan tubuh pasien di daerah anatomi yang akan diperiksa. *Surface coil* memiliki berbagai ukuran dan bentuk atau biasanya dibuat untuk anatomi tertentu. (3)

Surface coil biasanya tidak digunakan sebagai pemancar RF karena homogenitas RF mereka yang buruk. *Surface coil* digambarkan sebagai *coil* khusus penerima. Desain *surface coil* biasanya terdiri dari *basic single loop*

atau *multiple loop* yang terhubung dana dioperasikan secara indenpenden melalui saluran terpisah. Konfigurasi terakhir dikenal sebagai *phased array*.

Phased array pada *surface coil* menawarkan keunggulan SNR dari *single loop coil*, tetapi dengan FOV yang sangat diperluas dan banyak konfigurasi yang berbeda. *Phased array coil* baik digunakan dalam pencitraan tulang belakang. Dalam perangkat ini, ada array dari *surface coil* kecil (elemen), masing masing memiliki saluran (*channel*) sendiri di mana sinyal yang terdeteksi dibawa ke komponen pemrosesan sinyal sistem. (19)



Gambar 2. 4 konfigurasi *surface coil*

b. *Volume coil*

Ada beberapa jenis konduktor dengan konfigurasi *volume coil*, yang paling umum adalah desain *birdcage*. Konfigurasi lainnya termasuk desain berbentuk pelana dan resonansi elektromagnetik melintang. *Volume coil* biasanya digunakan untuk mengirimkan RF, tetapi ada juga yang hanya menerima. Keuntungan utama dari *coil* volume ini adalah, bidang RF yang relatif homogen dengan volume pencitraan yang besar. Ini berarti bahwa *coil* volume dapat digunakan untuk pemeriksaan anatomi di lokasi mana pun dan pada kedalaman apapun. Sinyal dari struktur anatomi apapun yang tertutup oleh *coil* diterima dengan sensitivitas yang sama. *Volume coil* sekarang ditawarkan dengan kemampuan area array bertahap. *Head coil* memiliki hingga 48 *channel*, dan beberapa pemindaian modern menawarkan kemampuan *channel* hingga 128 untuk *coil* tertentu seperti *cardiac* dan *body coil*. Fleksibilitas untuk mengatur beberapa penerima disekitar area anatomi telah mengaburkan perbedaan antara volume dengan *coil* permukaan.

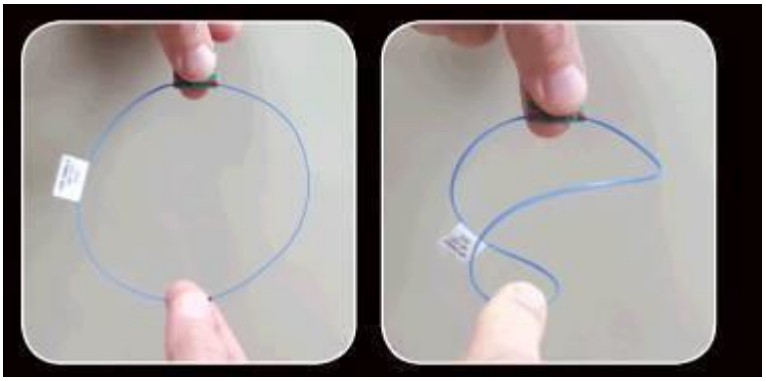
Kelemahan dari *volume coil* ini adalah faktor pengisian cenderung lebih rendah daripada *surface coil*. *Coil* tidak sepenuhnya diisi oleh anatomi dan

mengandung ruang kosong, sehingga mengurangi SNR. Selain itu, area anatomi yang terdapat dalam *coil* berkontribusi pada kebisingan termal, tetapi tidak berkontribusi pada sinyal. Masalah SNR ini sebagian besar dikompensasi oleh fakta bahwa kumparan ini *multichannel*. Yang terpenting yaitu, *volume coil* dirancang agar pas disekitar area anatomi yang diinginkan, (19)

RF *coil* merupakan komponen utama dalam sistem MRI. Untuk mendapatkan gambar bekualitas tinggi, *coil* harus dapat mendukung FOV dengan homogenitas medan magnet tinggi dalam transmisi dan mencapai SNR tinggi. (9) Pada tahun 2017, desain RF *coil* dengan profil fisik yang fleksibel dan rendah atau disebut *Adaptive Image Receive* (AIR) *coil* diluncurkan. RF *coil* memiliki sifat listrik yang unik dimana efek induksi bersama dan konektor kapasitif antara elemen *coil* berkurang secara signifikan sehingga memungkinkan *coil* ditempatkan dengan kepadatan *coil* yang lebih tinggi dalam konfigurasi yang tidak dapat dicapai menggunakan RF *coil* konvensional. Selain itu fleksibilitas tinggi dan profil fisik yang rendah memungkinkan dapat diintegrasikan ke dalam bahan-bahan seperti selimut yang dapat sesuai langsung dengan kontur tubuh pasien.(13)

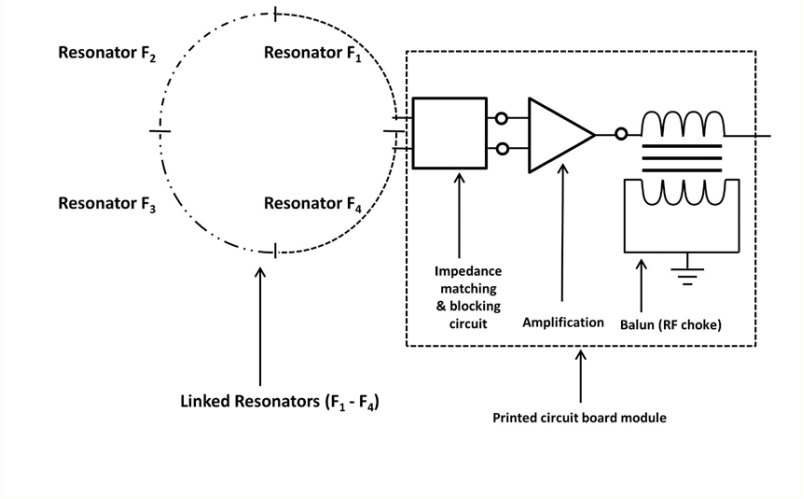
6. Adaptive Image Receive (AIR) coil

AIR *coil* adalah teknologi baru yang ringan dan fleksibel dan menunjukkan karakteristik listrik yang mengatasi banyak keterbatasan desain RF kaku konvensional, kontrol amplifier dan feedboard diganti dengan fleksibel wire-loop ringan dan miniatur elektronik RF. (5,10) AIR *coil* dirancang agar sesuai dengan semua pasien, memungkinkan fleksibilitas ke segala arah dan menutupi anatomi pasien dengan bagus untuk visibilitas yang lebih besar dari area yang sulit dipindai dengan kualitas gambar yang sangat baik. Dengan menyesuaikan dengan kontur tubuh pasien dan mendekatkan elemen dengan pasien, sehingga mampu meningkatkan SNR dan mengurangi artefak pencitraan jika dibandingkan dengan *conventional coil*. (14)



Gambar 2. 5 desain konduktor fleksibel untuk AIR *coil*

Semua AIR *coil* dirancang menggunakan beberapa single loop coil yang identik. Diameter setiap elemen *coil* yaitu 110mm dan terdiri dari konduktor yang lentur dengan diameter sekitar 0,6mm yang menghasilkan loop faktor bentuk profil rendah fleksibel yang dapat disesuaikan dengan kontur permukaan yang kompleks dan tidak teratur. (13)



Gambar 2. 6 desain kumparan RF elemen tunggal untuk AIR

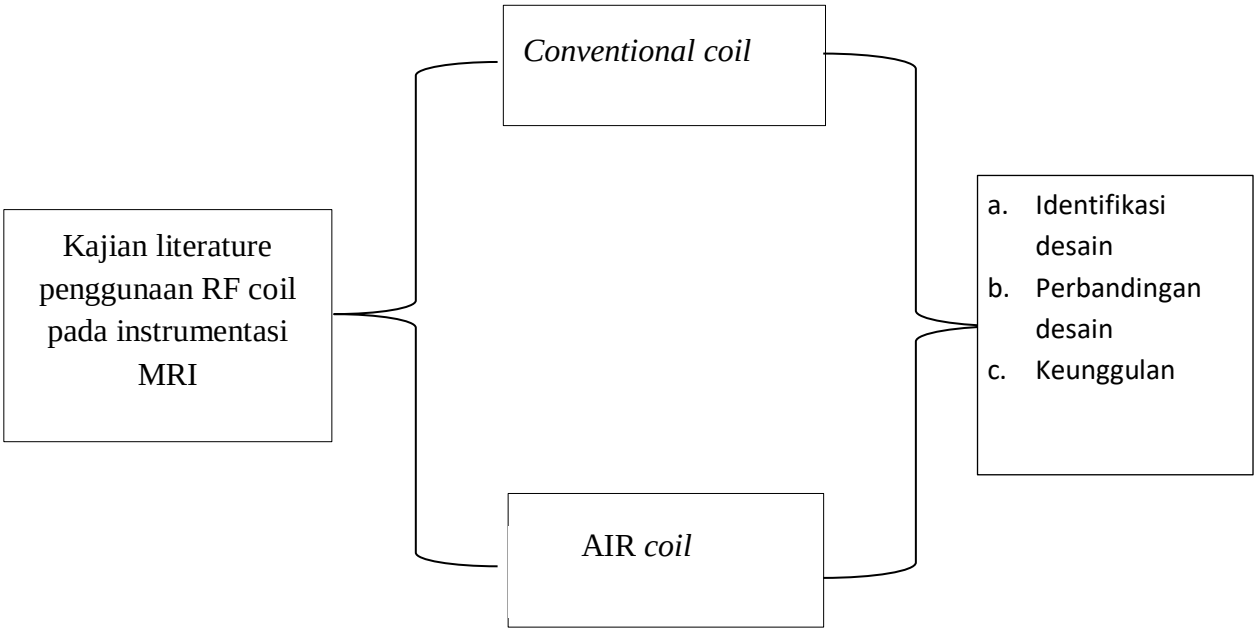
Gambar diatas adalah skema dan desain AIR *coil* yang mencakup loop resonansi yang terdiri dari 4 resonator terkait. Untuk *coil* yang diberikan, jumlah resonansi ditentukan oleh lingkarnya (seperti loop melingkar). Loop dibuat dari stuktur resonansi tautan yang fleksibel menggunakan proses yang berpemilik ke produsen pemindai MR dengan panjang setiap resonator tidak lebih besar 1/10 panjang gelombang resonansi bidang RF. Ini memastikan bahwa resonator tidak berperilaku sebagai saluran transmisi melainkan sirkuit

elemen bersamaan sehingga memastikan distribusi muatan yang seragam dan medan listrik ireotasi yang terbatas secara internal dalam resonator. Gabungan resonator menciptakan reaktansi nol, kerugian yang rendah dan loop interaksi rendah yang dapat dimodelkan secara elektrik sebagai sirkuit bersamaan tetapi tanpa banyak komponen bersamaan fisik yang memberikan fleksibilitas dan daya tahan tinggi.

Loop resonansi terhubung ke modul papan sirkuit cetak dimensi 2 6,5 mm × 26,5 mm × 10 mm. Modul ini menyediakan pencocokan impedansi, amplifikasi sinyal dan menghambat RF dan menggantikan sirkuit *conventional coil* termasuk preamplifier, decoupler, sirkuit pencocokan dan balun. Preamplifier dengan noise rendah dan toleran terhadap berbagai kondisi pemuatan loop. Kombinasi modul konduktor dan elektronik menyediakan elemen *coil* pencitraan lengkap yang menunjukkan interaksi yang diturunkan ke elemen yang berdekatan, fleksibilitas ekstrem, dan kinerja tinggi. Kabel triaxial tunggal digunakan untuk menghubungkan wire-loop ke pemindai MR sehingga menerima sinyal MR. Sementara diameter tetap 110mm digunakan untuk semua elemen *coil*, setiap loop diameter dapat dibuat dan disusun. (13)

Kombinasi inovatif ini memungkinkan *coil* RF terlihat seperti selimut ringan. Elektronik AIR *coil* miniatur memungkinkan overlap lebih besar antara loop yang satu dengan yang lain tanpa ketidakstabilan atau kerusakan sinyal yang akan dihasilkan dengan desain *coil* RF *conventional*. Inilah yang membuat adanya kemungkinan untuk menutupi anatomi seperti lutut atau siku tanpa kehilangan sinyal karena *coil* RF sangat sesui dengan bentuk anatomi yang diperiksa. Elemen *coil* RF konvensional memberikan SNR terbaik pada overlap kritis, namun SNR menurun secara signifikan ketika overlap loop meningkat. Elemen AIR *coil* jauh lebih sensitif terhadap jumlah overlap dan secara signifikan mengungguli loop RF *conventional* ketika overlap kurang optimal. (10)

B. Kerangka Konsep



Mengacu pada penelitian terkait studi kepustakaan, maka penulis membuat kerangka konsep dengan penjelasannya sebagai berikut :

Untuk mempermudah melakukan proses penelitian maka penulis membuat kerangka konsep, berdasarkan literatur terkait. Pada setiap literatur yang membahas tentang penggunaan RF coil khususnya AIR *coil* dan *conventional coil* pada proses pemeriksaan MRI. Desain dari AIR *coil* dan *conventional coil* di dalam literatur dianalisa dan dibandingkan. Dari analisa dan perbandingan tersebut maka mendapatkan hasil dari keunggulan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil*. Dan dari hasil analisa tersebut memperoleh kesimpulan coil mana yang lebih efektif dan efisien pada proses pemeriksaan MRI.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan metode studi kepustakaan untuk menganalisa dan mendeskripsikan kelebihan dari AIR *coil* di bandingkan *conventional coil* pada proses pemeriksaan MRI.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Kota Jakarta Selatan , Daerah Khusus Ibukota Jakarta pada bulan Februari – Mei 2021.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi

   Populasi dalam penelitian ini adalah semua literatur yang membahas tentang penggunaan RF coil.

2. Sampel

   Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah literatur yang membahas tentang penggunaan AIR *coil* pada proses pemeriksaan MRI.

D. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa literature yang didapat dari internet dan berupa *softcopy* yang sesuai dengan penelitian dan digunakan untuk analisa dan evaluasi.

E. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah studi kepustakaan, yaitu pengumpulan data yang didapat dari proses mencari literature berupa jurnal, buku, atau artikel yang berkaitan dengan AIR *coil* dan *conventional coil* pada proses pemeriksaan MRI.

F. Pengolahan dan Analisis Data

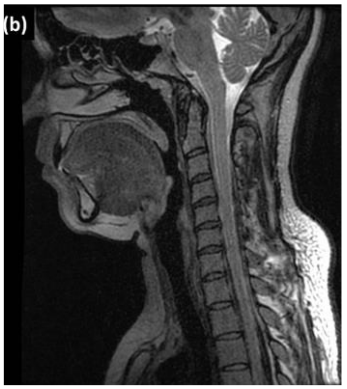
Data yang diperoleh dari studi kepustakaan berupa analisis penggunaan AIR *coil* pada proses pemeriksaan MRI. Hasil dari penggunaan AIR *coil* di analisa dan dibandingkan dengan proses pemeriksaan MRI menggunakan *conventional coil* secara deskriptif. Hasil dari perbandingan tersebut akan mendapatkan kesimpulan.

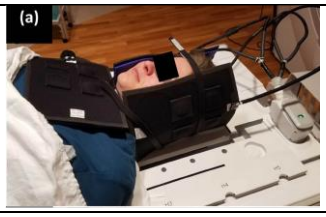
BAB IV

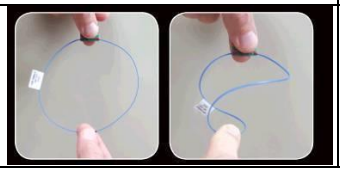
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

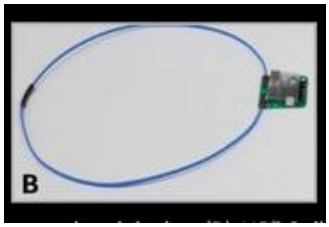
Dari beberapa literature yang di analisa maka didapatkan hasil dalam bentuk tabel berikut :

No	Metode	AIR *coil*	*Conventional coil*	Rujukan
1.	Menggunakan MRI 3T dengan diameter 60cm dan 70cm. Pada penelitian ini dilakukan pengujian menggunakan phantom dan relawan 2 orang. Pada pengujian menggunakan phantom dilakukan menggunakan konfigurasi single dan double loop AIR *coil* yang membandingkan nilai nilai dengan diamter RF *conventional coil* yang memiliki diameter yang sama. Untuk double loop coil menggunakan tumpang tindih antar coil 0 mm, 24 mm, 30 mm, dan 50 mm. Pengujian ini dilakukan untuk penilaian SNR, korelasi noise,dan kinerja pencitraan paralel. Pada pengujian menggunakan relawan menggunakan sequence Axial T1 FLAIR dan T2 SE pada MRI 3T dengan diamter 60 cm, dan sequence sagittal T2W tanpa saturasi lemak, sagittal T1W 3 point iterative dixon dengan saturasi lemak pada MRI 3T dengan diameter 70cm. Pengujian ini dilakukan	Pada kedalaman 25mm SNR lebih baik.	Pada kedalaman 25mm SNR kurang baik.	Jurnal dengan judul *"Characterization and evaluation of a flexible MRI receive coil array for radiation therapy MR treatment planning using highly decoupled RF circuits"*
		Ketidak seragaman lebih kecil.	Ketidak seragaman lebih besar.	
		Jumlah berkorelasi noise lebih sedikit,bahkan mendekati nol.	Jumlah berkorelasi noise lebih banyak	
		Menunjukkan hampir tidak ada penurunan kinerja pencitraan paralel.	Kinerja pencitraan paralel menurun ketika jarak tumpang tindih bertambah atau berkurang dari optimal	
		Desain coil relatif longgar, sehingga coil bisa sangat dekat dengan anatomi objek.	-	
		Kualitas citra secara kualitatif pada 16-*channel* setara 30-*channel* conventional.	Kualitas citra secara kualitatif 30-*channel* setara dengan 16-*channel* AIR *coil*.	
		Hasil gambaran menggunakan sequence *non fat supressed sagittal T2W 3D multi SE* dengan *16 channel AIR coil* 	Hasil gambaran menggunakan sequence *non fat supressed sagittal T2W 3D multi SE* dengan *30 channel conventional coil* 	

	untuk evaluasi fleksibilitas coil dan perencanaan coil untuk pasien radioterapi.			
2.	Menggunakan AIR *coil* 16-*channel*, dan conventional head coil 8-*channel* diameter 24,1 cm dan 32-*channel* 19,1 cm. Menggunakan MRI 3T dengan sequence 3D sagittal MPRAGE, 3D sagittal T2W FLAIR, 2D axial GRE EPI, dan 2D coronal T2W FSE. Pada penelitian ini dilakukan analisis gambaran oleh dua orang ahli saraf bersertifikat dengan pengalaman 31 dan 20 tahun, analisa kuantitatif, dan analisa statistik.	Desain yang cocok untuk semua bentuk pasien.	-	Jurnal dengan judul *" Application of Adaptive Image Receive Coil Technology for Whole-Brain Imaging"*
		16-*channel* coil menunjukkan kinerja lebih baik disemua kategori kecuali artefak pada sequence MPRAGE.	8-*channel* coil menjukkan kinerja kurang baik, kecuali artefak pada sequence MPRAGE.	
		Pada sequence T2W FLAIR menunjukkan SNR lebih baik dan kualitas gambar yang lebih baik.	Pada sequence T2W FLAIR dengan coil 8-*channel* menunjukkan SNR dan kualitas gambar yang kurang baik.	
		-	8-*channel* coil berkinerja lebih baik pada sequence GRE EPI disemua kategori, terutama artefak yang lebih sedikit dan keseragaman sinyal yang lebih baik.	
		-	Pada sequence MPRAGE dan T2W FLAIR *coil* 32-*channel* memiliki rata rata SNR yang lebih baik , kontras gray-white matter, ketajaman struktural, kualitas gambar keseluruhan dan lebih sedikit artefak.	
		Pada sequence coronal T2W FSE menunjukkan coil 16-*channel* memiliki rata rata artefak dan kualitas gambar yang kurang baik.	Pada sequence coronal T2W FSE menunjukkan coil 32-*channel* memiliki rata rata artefak lebih sedikit dan kualitas gambar keseluruhan lebih baik.	
		Artefak utama 16-*channel* adalah ghosting,kehilangan sinyal frontal dan gerakan pada studi	-	

		awal.		
		16-*channel* lebih baik dari 8-*channel conventional coil*.	32-*channel* lebih baik daripada 16-*channel* AIR *coil*.	
		Unggul dalam mengurangi klaustrofobia, peningkatan akses jalan nafas dan pemantauan pasien anastesi, dan kenyamanan pasien.	-	
3.	Teknologi *conventional coil* dibandingkan dengan teknologi AIR *coil*. Teknologi AIR *coil* menggunakan bahan konduktor khusus yang dirancang untuk fleksibilitas yang ultra, dengan tetap mempertahankan sifat elektomekanisnya. AIR *coil* ringan dan cukup fleksibel untuk menyesuaikan dengan tubuh untuk SNR dan pencitraan parallel yang sangat baik. AIR *coil* mengurangi limbah tembaga dan memanfaatkan proses terbarukan untuk mengurangi limbah elektronik dan pengemasan biasa.	Mengurangi noise, meningkatkan linearitas dan meningkatkan toleransi terhadap berbagai kondisi pemuatan coil.	-	Artikel yang berjudul *"Reimagining Flexible Coil Technology"* dalam buku GE SIGNA Pulse of MR Spring 2017.
		7 komponen (loop papan sirkuit acid etched, loop node kapasitor, matching sircuit, inpu balun, decoupling resonator/sakelar, preamplifier, dan dua komponen output balun) memiliki berat 45 gram per*channel*.	7 komponen (loop papan sirkuit acid etched, loop node kapasitor, matching sircuit, input balun, decoupling resonator/sakelar, preamplifier, dan dua komponen output balun) memiliki berat 175 gram per *channel*.	
		90% ramah lingkungan dan 50% lebih sedikit daya untuk biaya pengoperasian yang lebih rendah.	-	
				

4.	Menggunakan MRI GE SIGNA Pioneer 3T dan Anterior Array (AA) AIR *coil* untuk pemeriksaan. Menggunakan sequence Axial T2 FatSat, Axial T1(untuk pemeriksaan knee), Coronal T2 PROPELLER, coronal T2 FatSat PROPELLER, sagittal T2 FatSat PROPELLER dan axial T2 FatSat PROPELLER (untuk pemeriksaan shoulder joint). Elemen AIR *coil* terdiri dari loop konduktif kecil yang sangat fleksibel, masing masing dengan komponen preamplifier. Setiap elemen AIR *coil* terdiri dari konduktor INCA yang sangat tipis dan fleksibel yang di pasang ke preamplifier.	Desain sangat sederhana dan cepat sehingga tergantung pada pemeriksaan, dan memungkinkan untuk tidak perlu diposisikan ulang pada pasien.	-	Artikel yang berjudul *"improved efficiency with SIGNA Pioneer, MAGiC and* AIR *coil during the COVID-19 pandemic"* dalam buku GE SIGNA Pulse of MR Autumn 2020
		Akselerasi pencitraan paralel yang sangat baik dan juga meningkatkan kualitas gambar karena memiliki jumlah *channel* yang tinggi.	-	
		Lebih praktis pada masa pandemi COVID-19 karena lebih efektif dan sangat praktis dari pencegahan infeksi tanpa mengganggu kenyamanan dan keselamatan pasien ataupun kualitas gambar.	Kurang praktis digunakan saat pandemi COVID-19.	
				
5.	Sistem MR *conventional* menggunakan desain receive chain terbatas untuk meminimalkan biaya ADC dengan batas kemampuan. Dalam desain ini jumlah ACD dalam arsitektur receive chain membatasi jumlah *channel* MR. Pada desain receive chain MR modern seperti AIR *coil* mengatasi kekurangan pada *conventional coil* dengan meningkatkan	Desain yang terasa seperti selimut ringan sehingga memungkinkan untuk menutupi seluruh anatomi objek tanpa kehilangan sinyal karena RF coil sangat dekat dengan anatomi.	Tembaga kaku pada loop coil, bulky preamp dan feedboard menjadikan desain *conventional coil* yang kaku.	Artikel yang berjudul *"Optimized RF coil and receive chain architecture that enables teh use of higher RF channels"* dalam buku GE SIGNA Pulse of MR Autumn 2019.
		Miniatur elektronik memungkinkan tumoang tindih yang bagus antara loop tanpa ketidakstabilan atau kerusakan sinyal yang dihasilkan.	-	

	jumlah ADC secara signifikan. Setiap elemen coil indenpenden yang terhubung ke sistem dilengkapi dengan ADC nya sendiri. Jumlah elemen digital secara bersamaan tidak dibatasi, oleh karena itu bisa sama dengan jumlah elemen coil yang terhubung. Setiap semua elemen yang terhubung dapat didigitalisasi secara bersamaan untuk membentuk *channel* coil pencitraan MR lengkap.	Jauh kurang sensitif terhadap tumpang tindih dan secara signifikan lebih unggul ketika tumpang tindih kurang dari optimal.	Memberikan SNR terbaik pada tumpang tindih genting, namun menurun secara signifikan ketika tumpang tindih loop meningkat.	
		Desain elemen loop AIR coil 	Desain elemen loop conventional coil 	

B. Pembahasan Studi Kepustakaan

Setelah melakukan studi kepustakaan penggunaan AIR *coil* pada proses pemeriksaan MRI, diketahui bahwa penggunaan RF *coil* yang tepat sangat berpengaruh kepada kelancaran proses pemeriksaan MRI. Dari analisa literatur literatur tersebut maka diketahui bahwa adanya perbedaan dalam penggunaan AIR *coil* dengan *conventional coil*.

1. Desain AIR *coil* dan *conventional coil*

a. Karakteristik desain AIR *coil*:

Desain AIR *coil* yang relatif longgar sehingga bisa sangat dekat dengan anatomi objek (McGee et al., 2018). Ketika desain RF *coil* longgar, maka bisa disesuaikan dengan bentuk tubuh anatomi yang diperiksa, seperti lutut, bahu, dan lain lain. Begitupun dengan bentuk tubuh pasien yang bermacam macam, kurus ataupun gemuk dapat ditutupi dengan AIR *coil* yang relatif longgar ini. Desain AIR *coil* yang longgar ini seperti selimut ringan sehingga memungkinkan utnuk menutupi seluruh objek yang diperiksa (Healthcare, 2019). RF *coil* yang telah didesain ringan dan fleksibel ini sangat berperan pada peningkatan kenyamanan pasien (Cogswell et al., 2021).

Komponen komponen yang ada pada AIR coil yang lebih sederhana menjadikan AIR coil lebih ramah lingkungan dan juga akan mengurangi

biaya. Komponen komponen yang ada pada setiap *channel*-nya hanya memiliki berat 45 gram per-*channel* (Stormont et al., 2017), hal itulah yang membuat AIR coil menjadi ringan. Desain yang lebih sederhana juga memudahkan dalam perawatan coil tersebut dan juga lebih praktis saat digunakan (Purwanto & Handiyon, 2020).

b. Karakteristik desain *conventional coil*

Desain *conventional coil* dengan tembaga yang kaku pada *loop coil*, *bulky preamp*, dan *feedboard* menjadikan desain nya sendiri cenderung kaku (Healthcare, 2019). Dengan desain yang kaku menjadikan conventional coil sedikit sulit digunakan pada kasus kasus tertentu atau anatomi objek tertentu. Pada kondisi seperti pasien yang terlalu gemuk, mungkin akan sulit tertutupi anatomi tertentu yang diperiksa.

Desain 7 komponen yang ada pada *conventional coil* seperti loop papan sirkuit acid etched, loop node kapasitor, matching sirkuit, input balun, decoupling resonator/sakelar, preamplifier, dan dua komponen output balun memiliki berat 175 gram per *channel*-nya (Stormont et al., 2017). Dengan desain demikian menjadikan *conventional coil* memiliki berat yang sedikit tinggi.

2. Perbandingan desain AIR *coil* dan *conventional coil*.

a. Desain AIR coil yang cenderung lebih ringan dibandingkan dengan *conventional coil* (Stormont et al., 2017), hal ini dikarenakan komponen yang ada pada *conventional coil* disederhanakan pada AIR *coil* sehingga dari yang awalnya memiliki berat 175 gram per channel *conventional coil* menjadi 45 gram per channel pada AIR coil. RF *coil* dengan desain yang lebih ringan tentu saja akan memudahkan untuk dipasangkan ke pasien maupun dipindah letakkan. Proses penyimpanan *coil* ketika tidak digunakan pun akan mudah ketika *coil* yang digunakan ringan.

b. RF *coil* dengan desain yang fleksibel akan lebih memudahkan ketika dipasangkan ke tubuh pasien. Desain AIR coil yang fleksibel bahkan seperti selimut ringan akan lebih mudah dipasangkan dibandingkan dengan *conventional coil* yang memiliki desain yang cenderung kaku (Healthcare, 2019). Pada pemeriksaan anatomi seperti lutut, siku, ataupun sendi bahu, pemakaian *conventional coil* akan sedikit sulit digunakan karena desainnya

yang cenderung kaku tersebut. Namun, dengan menggunakan AIR *coil* akan memudahkan untuk dipasang ke anatomi tersebut karena memiliki fleksibilitas yang tinggi. Dengan fleksibilitas yang tinggi ini juga menjadikan posisi RF *coil* menjadi sangat dekat dengan objek yang akan diperiksa. Posisi RF *coil* yang dekat dengan objek tentu saja akan meningkatkan kualitas citra gambaran.

Fleksibilitas yang tinggi pada RF *coil* menjadikan tidak ada batasan bentuk tubuh pasien. Seperti tubuh pasien terlalu gemuk ataupun kurus akan tertutupi dengan menggunakan RF *coil* dengan fleksibiltas yang tinggi seperti AIR *coil*. Pada *conventional coil* yang menggunakan desain cenderung kaku akan kurang optimal saat digunakan pada pasien yang bertubuh terlalu gemuk atau kurus.

c. Desain AIR *coil* yang sederhana lebih ramah lingkungan dan hemat dalam penggunaan daya (Stormont et al., 2017) dibandingkan *conventional coil*. Ini dikarenakan loop coil RF cooper kaku, bulky preamp dan feedboard pada conventional coil diganti dengan loop coil ringan dan fleksibel, serta miniatur elektronik RF. Desain AIR coil juga mengurangi limbah tembaga dan menggantikannya dengan proses terbarukan yang mampu mengurangi limbah elektronik serta kmenggunakan pengemasan yang biasa saja.

3. Keunggulan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* terhadap proses pemeriksaan MRI.

a. Dalam upaya untuk meningkatkan SNR, mengurangi noise dan menghasilkan pencitraan paralel yang sangat baik, AIR *coil* lebih unggul dibandingkan *conventional coil*. Dimana SNR dipengaruhi salah satunya oleh jenis dan posisi RF *coil*, semakin dekat *coil* dengan objek yang akan diperiksa, maka SNR juga akan semakin meningkat. Semakin dekat *coil* dengan objek juga akan mengurangi *noise* karena sedikitnya celah antara *coil* dengan objek. Dengan menggunakan AIR *coil* maka celah antara *coil* dengan objek bisa di minimalisir, sedangkan dengan *conventional coil* akan sulit diminimalisir celahnya dikarenakan desainnya yang kaku. Dalam menghasilkan pencitraan paralel AIR *coil* juga lebih unggul dibandingkan *conventional coil*. Saat pencitraan paralel yang dihasilkan sangat baik, maka meningkat pula

kecepatan akuisisi data MRI, sehingga mampu menurunkan waktu pemindaian.

b. Dalam meningkatkan kenyamanan pasien, AIR *coil* lebih unggul dibandingkan *conventional coil*. Bobot AIR *coil* yang ringan akan meningkatkan kenyamanan pasien dibandingkan *conventional coil* yang memiliki bobot sekitar ± 4 kali lebih berat daripada AIR *coil*. Dengan kondisi pasien yang nyaman, maka pemeriksaan bisa dilakukan dengan lancar tanpa adanya keluhan sesak karena beban *coil* dari pasien. Kenyamanan pasien juga berpengaruh terhadap waktu pemeriksaan. Menggunakan AIR *coil* dibandingkan *conventional coil* akan mempersingkat waktu pemeriksaan dikarenakan AIR *coil* lebih praktis digunakan saat melakukan penentuan posisi pasien. Dengan berkurangnya waktu pemeriksaan, akan meminimalisir terjadinya pergerakan pasien saat proses pemeriksaan, dan akan terhindar dari pengulangan proses pemeriksaan.

   Penggunaan AIR *coil* pada pasien yang memiliki klaustrofobia sangat membantu daripada menggunakan *conventional coil*. AIR *coil* juga efektif untuk dalam meningkatkan akses jalan nafas pasien dan juga pemantauan pasien dengan anastesi.

c. Pada masa pandemi COVID-19, penggunaan AIR *coil* lebih efektif dibandingkan *conventional coil*, dikarenakan penggunaannya yang lebih praktis dan mudah untuk disterilisasikan.

d. Dalam penghematan daya dengan biaya pengoperasian yang lebih rendah dan ramah lingkungan, AIR *coil* lebih unggul dibandingkan *conventional coil*. Ini dikarenakan desain AIR *coil* yang menggunakan miniatur elektronik yang lebih sederhana dari *conventional coil*.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Analisis dari 5 literatur yang membahas tentang penggunaan AIR *coil* pada MRI , maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. AIR *coil* didesain longgar,fleksibel dan ringan seperti selimut. Komponen komponen pada AIR *coil* juga dibuat lebih sederhana dan hemat daya. Pada *conventional coil* didesain dengan bahan yang cenderung kaku. Komponen komponen pada *conventional coil* pun lebih kompleks dan membuat bobotnya lebih berat.
2. Desain AIR *coil* lebih longgar, fleksibel, ringan dan sederhana dibandingkan *conventional coil* yang memiliki desain kaku dan lebih berat.
3. AIR *coil* lebih unggul dalam meningkatkan SNR, mengurangi noise, dan menghasilkan pencitraan paralel yang sangat baik dibandingkan *comventional coil*, sehingga lebih efektif dalam meningkatkan kualitas citra MRI. Dalam meningkatkan kenyamanan pasien pun AIR *coil* lebih unggul daripada *conventional coil*, karena lebih ringkas dan ringan. Pada kasus pasien dengan klaustrofobia, pasien dengan anastesi dan juga peningkatan akses nafas bagi pasien juga AIR *coil* lebih efektif digunakan daripada *conventional coil*.

   Pada masa pandemi COVID-19 AIR *coil* lebih efektif digunakan karena lebih praktis dan mudah disterilisasikan daripada menggunakan *conventional coil*.

B. Saran

Dalam meningkatkan kualitas citra MRI, kenyamanan pasien, dan pengurangan sedikit waktu pemeriksaan, sebaiknya menggunakan AIR *coil* daripada menggunakan *conventional coil*. Karena AIR *coil* memiliki desain yang sangat cocok untuk semua bentuk tubuh pasien dan juga ringan, sehingga memungkinkan untuk menghindari pergerakan pada pasien ataupun mengulang kembali pemeriksaan dikarenakan pergerakan pasien.

DAFTAR PUSTAKA

1. Blink, J. E. (2004). MRI: Physics for anyone who does not have a degree in physics. *Application Specialist MRI*, *11*(3), 242–245.
2. Brown, M. A., & Semelka, R. C. (2003). MRI Basic Principles and Applications. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* (3rd editio, Vol. 53, Nomor 9). WILEY LISS. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12
3. Bushong, S. C., & Clarke, G. (2014). *Magnetic Resonance Imaging Physical and Biological Principles* (4th Editio). Elsevier Health Sciences.
4. Chavhan, G. (2006). MRI Made Easy (For Beginners). In *MRI Made Easy (For Beginners)* (2nd editio). Jaypee. https://doi.org/10.5005/jp/books/10539
5. Cogswell, P. M., Trzasko, J. D., Gray, E. M., & Campeau, N. G. (2021). Application of Adaptive Image Receive Coil Technology for Whole-Brain. *American Journal of Roentgenology*, *216*, 552–559. https://doi.org/10.2214/AJR.20.22812
6. Dale, B. M., Brown, M. A., & Semelka, R. C. (2015). MRI Basic Principles and Applications. In *MRI Basic Principles and Applications*. https://doi.org/10.1002/9781119013068
7. Elmaoğlu, M., & Çelik, A. (2012). MRI handbook: MR physics, patient positioning, and protocols. In *MRI Handbook: MR Physics, Patient Positioning, and Protocols*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1096-6
8. Forshult, S. E. (2007). Magnetic Resonance Imaging, MRI - An Overview. In *Research Report*.
9. Giovannetti, G., & Tiberi, G. (2017). Radiofrequency magnetic resonance coils and communication antennas: Simulation and design strategies. *Magnetic Resonance Imaging*, *44*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.mri.2017.07.021
10. Healthcare, G. (2019). *Optimize RF coil and Receive Chain Arhitecture that Enables the Use of Higher RF Channels*. *27*, 92–95. https://www.gesignapulse.com/signapulse/autumn_2019/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=92#pg92
11. Jin, J. (2018). Electromagnetic analysis and design in magnetic resonance imaging. In *Electromagnetic Analysis and Design in Magnetic Resonance Imaging*. https://doi.org/10.1201/9780203758731
12. Liney, G. (2006). MRI in Clinical Practice. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* (Vol. 53, Nomor 9). Springer. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12
13. McGee, K. P., Stormont, R. S., Lindsay, S. A., Taracila, V., Savitskij, D., Robb, F., Witte, R. J., Kaufmann, T. J., Huston, J., Riederer, S. J., Borisch, E. A., & Rossman, P. J. (2018). Characterization and evaluation of a flexible MRI receive coil array for radiation therapy MR treatment planning using highly decoupled RF circuits. *Physics in Medicine and Biology*, *63*(8). https://doi.org/10.1088/1361-6560/aab691
14. Oei, E., Hirsch, A., Tamames, J. H., Bakker, B., Laarhoven, J. P., & Ramman, S. (2019). *AIR Technology : a brilliant improvement in high quality imaging and*

patient comfort. *26*, 32–36. https://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2019/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=32#pg32
15. Purwanto, & Handiyon, A. (2020). Improved effeciency with SIGNA Pioneer MAGiC and AIR Coil during the COVID-19 pandemic. In G. Healthcare (Ed.), *GE Signa Pulse of MR Autumn 2020* (29 ed., hal. 16). GE Healthcare. https://www.gesignapulse.com/signapulse/autumn_2020/MobilePagedArticle.action?articleId=1639955#articleId1639955
16. Stormont, R. S., Robb, F., Lindsay, S. A., Chu, D., & Vlachos, F. (2017). *Reimaging Flexible Coil Technology*. *21*, 69. https://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2017/MobilePagedArticle.action?articleId=1160235#articleId1160235
17. Vaughan, J. T., & Griffiths, J. R. (2012). RF Coils for MRI. In *John Wiley & Sons*. WILEY.
18. Westbrook, C. (2016). *MRI at a Glance 3rd edition* (3rd editio).
19. Westbrook, C., & Talbot, J. (2019). *MRI in Practice* (5th Editio). WILEY Blackwell.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



NAMA : REGHINA ELGUSIA

NPM : P2.31.30.1.17.042

TEMPAT, TANGGAL LAHIR : BASO, 21 MARET 1999

ALAMAT : JORONG SEI. BERINGIN, KANAGARIAN PANAMPUANG, KECAMATAN AMPEK ANGKEK, KABUPATEN AGAM, SUMATERA BARAT

PENDIDIKAN FORMAL

- 2004 – 2005 TK AISYIAH LURAH
- 2005 – 2011 SDN 02 TANJUNG GADANG
- 2011 – 2014 MTsN 7 AGAM
- 2015 – 2017 SMA N 1 AMPEK ANGKEK AGAM

PENGALAMAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN

- RSUPN Dr. CIPTOMANGUNKUSUMO KONVENSIONAL
- RSUP FATMAWATI KONVENSIONAL
- RS PRIKASIH KONVENSIONAL
- RSAB HARAPAN KITA KONTRAS
- RS ISLAM JAKARTA CEMPAKA PUTIH KONTRAS
- RS PUSAT PERTAMINA KONTRAS
- RSUD KOJA CT – SCAN
- RSPAD GATOT SOEBROTO RADIOTERAPI
- RS PUSAT PERTAMINA KEDOKTERAN NUKLIR

PENGALAMAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN SELAMA DIV – MRI

- RS MURNI TEGUH
- RSUP Dr. M. DJAMIL PADANG

PENGALAMAN PRAKTEK KERJA NYATA

- RSUP Dr. M. DJAMIL PADANG

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI
POLITEKNIK KESEHATAN JAKARTA II

Nama Mahasiswa : Reghina Elgusia
NPM : P2.31.30.1.17.042
Judul Skripsi : ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI.

NO.	HARI TANGGAL	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	SARAN	TANDA TANGAN
1.	Kamis, 02 Oktober 2020	Sistem skripsi menggunakan studi literatur	Mencari sumber tata cara penulisan studi literatur	
2.	Jum'at, 03 Oktober 2020	Konsultasi judul skripsi dengan metode studi literatur	Minimal perbandingan 5 literatur, dikembangkan, dan dibahas.	
3.	Jum'at, 23 Oktober 2020	Konsultasi bab 1	Terhalang karena kondisi yang tidak memungkinkan	
4.	Sabtu, 11 Desember 2020	Perkembangan skripsi	Lanjut seminar proposal	
5.	Jum'at, 05 Februari 2021	Seminar proposal	Perubahan pada kerangka konsep	
6.	Rabu, 02 Juni 2021	Konsultasi bab 1 – bab 5	Dibuat tabel untuk melihat perbandingan dari masing masing literatur	
7.	Senin, 14 Juni 2021	Konsultasi revisi bab 1- bab 5	Perubahan pada kerangka konsep dan pembahasan.	
8.	Rabu, 16 Juni 2021	Mengirimkan skripsi bab 1-5 lewat email	Lanjut sidang skripsi	

Mengetahui,

Pembimbing Materi,

Dr. Nursama Heru A, S.Si, M.Si
NIP : 196404201989031002

Pembimbing Teknis,

Dra. Hj. Gando Sari, M.Kes
NIP : 195811231982032009

LAMPIRAN II

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI
POLITEKNIK KESEHATAN JAKARTA II

Nama Mahasiswa : Reghina Elgusia
NPM : P2.31.30.1.17.042
Judul Skripsi : ANALISIS KEUNGGULAN *ADAPTIVE IMAGE RECEIVE* (AIR) *COIL* DIBANDINGKAN *CONVENTIONAL COIL* TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI.

NO.	HARI TANGGAL	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	SARAN	TANDA TANGAN
1.	Kamis, 04 Februari 2021	Mengirimkan proposal skripsi lewat email	Lanjut seminar propsal	
2.	Selasa, 15 Juni 2021	Konsultasi bab 1 – bab 5	Koreksi penomoran halaman, mengganti simbol,pengaturan spasi	
3.	Rabu, 16 Juni 2021	Revisi penulisan skripsi	Lanjut mendaftar sidang skripsi	
4.	Sabtu, 17 Juli 2021	Mengirimkan hasil revisi skripsi setelah sidang lewat email	Koreksi penomoran	

Mengetahui,

Pembimbing Materi,



Dr. Nursama Heru A, S.Si, M.Si
NIP : 196404201989031002

Pembimbing Teknis



Dra. Hj. Gando Sari, M.Kes
NIP : 195811231982032009

ANALISIS KEUNGGULAN ADAPTIVE IMAGE RECEIVE (AIR) COIL DIBANDINGKAN CONVENTIONAL COIL TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

by Reghina Elgusia

Submission date: 09-Aug-2021 06:47AM (UTC-0700)

Submission ID: 1629579236

File name:
ANALISIS_KEUNGGULAN_AIR_COIL_DIBANDINGKAN_CONVENTIONAL_COIL.docx
(4.81M)

Word count: 6893

Character count: 42452

ANALISIS KEUNGGULAN ADAPTIVE IMAGE RECEIVE (AIR) COIL DIBANDINGKAN CONVENTIONAL COIL TERHADAP PROSES PEMERIKSAAN MRI

ORIGINALITY REPORT

8%	5%	1%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Student Paper	3%
2	Submitted to Seoul Venture University Student Paper	1%
3	iopscience.iop.org Internet Source	1%
4	www.scribd.com Internet Source	1%
5	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
6	idr.uin-antasari.ac.id Internet Source	<1%
7	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan Student Paper	<1%
8	documents.mx Internet Source	<1%

9	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
10	Petrice M. Cogswell, Joshua D. Trzasko, Erin M. Gray, Norbert G. Campeau et al. "Application of Adaptive Image Receive Coil Technology for Whole-Brain Imaging", American Journal of Roentgenology, 2020 Publication	<1 %
11	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
12	stikesmuhla.ac.id Internet Source	<1 %
13	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
14	rachmadona.net Internet Source	<1 %
15	abiantadjul.wordpress.com Internet Source	<1 %
16	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
17	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
18	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %

19	sugiartiedi.blogspot.com Internet Source	<1 %
20	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		