

Analisis Perbedaan Informasi Citra Anatomi pada Pemeriksaan *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP) dengan Menggunakan Teknik *Parallel Imaging GRAPPA* dan *Compressed Sensing*

Zaqy Afifah¹, Nanang Sulaksono², Asri Indah Ariyani³

^{1,2,3} Poltekkes Kemenkes Semarang

e-mail: zaqyafifah@gmail.com

ABSTRACT

Background: Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP) is a non-invasive diagnostic examination used to evaluate the biliary system. MRCP examinations have a long acquisition time, which reduces image quality due to respiratory artifacts. Parallel imaging techniques such as GRAPPA and compressed sensing (CS) are methods used to accelerate acquisition time. This study aims to analyze the differences in anatomical image information between using GRAPPA and CS in MRCP examinations triggered by respiratory trigger techniques.

Methods: This study used a quantitative research method with an experimental approach and a static design with a control group. The samples used were 16 MRCP patients in the T2 SPACE Coronal Trigger Iso sequence using GRAPPA and CS. The results were obtained based on the assessment of anatomical image information by two radiologists including Hepatic Ductus, Common Bile Ductus (CBD) and Cystic Ductus. Data analysis was performed using the Wilcoxon test to determine differences in anatomical image information between MRCP examinations using GRAPPA and CS.

Results: The results showed significant differences in anatomical image information between GRAPPA and CS in the anatomy studied, with a p-value < 0.05. Analysis of anatomical image information showed that CS provided better image results, with clear anatomical structures, sharp boundaries, high contrast, darker background, lower noise levels, and faster acquisition times.

Conclusions: The conclusion of this study is that there is a significant difference in anatomical image information between using GRAPPA and CS. The CS technique produces better images in MRCP examinations.

Keyword: MRCP, GRAPPA, Compressed Sensing, Anatomical Image Information, Respiratory Trigger

Pendahuluan

Sistem biliari merupakan sistem saluran yang mengalirkan empedu dari hepar menuju duodenum (Grivid Kuntag, dkk 2023). Empedu diproduksi oleh hepar kemudian disimpan di dalam *gallbladder* (Federle, dkk 2016). Secara umum, sistem biliari dibagi menjadi tiga bagian diantaranya *intrahepatic bile duct*, *ekstrahepatic bile duct*, dan *gallbladder* (Wang, dkk 2016). Pemeriksaan penunjang yang dapat digunakan untuk menegakkan diagnosa pada sistem biliari diantaranya pemeriksaan *Ultrasonography* (USG), *Computed Tomography (CT) Scan*, *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP)*, dan *Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography (ERCP)*.

MRCP merupakan pemeriksaan diagnostik alternatif yang sederhana dan memiliki risiko sedikit sebagai pengganti *Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography (ERCP)* (Kartikasari, dkk 2018). Kelebihan pemeriksaan MRCP modalitas pencitraan non-invasive tanpa

memerlukan radiasi pengion dan media kontras (Islam, dkk 2024). MRCP digunakan untuk melihat kelainan dan struktur tubuh pada sistem biliari secara jelas (Anis, dkk 2017). Secara umum, pemeriksaan MRCP menggunakan akuisisi 3D karena dapat dilakukan rekonstruksi multi planar dan akuisisi yang tipis (Blaise, dkk 2021).

Sebagian besar pemeriksaan 3D MRCP menggunakan pembobotan T2 dengan sekuen *Turbo Spin Echo* (TSE) dan dipicu menggunakan teknik pernapasan (Tokoro, dkk 2020). Sekuen TSE sangat baik digunakan pada pemeriksaan *gallbladder* karena memiliki intensitas sinyal tinggi yang dapat digambarkan dengan menggunakan TE dan TR panjang (Westbrook, 2016). Pemeriksaan MRCP memiliki kelemahan (Chen, dkk 2021), waktu akuisisi yang lama sehingga menghasilkan citra yang kabur dan artefak pergerakan karena pernapasan. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi

waktu akuisisi antara lain menggunakan teknik *parallel imaging* dan *compressed sensing* (Lee, dkk 2024).

Parallel imaging merupakan teknik yang digunakan untuk mengurangi waktu akuisisi dengan menggunakan undersampling *k-space* dan arah fase encoding (J. H. Lee, dkk 2014). Terdapat dua metode *parallel imaging* berdasarkan rekonstruksi gambar yaitu pada *image domain* dan *k-space*. *Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisitions* (GRAPPA) salah satu metode *parallel imaging* dengan merekonstruksi gambar pada *k-space* (Sheng, dkk 2021).

GRAPPA didefinisikan teknik *parallel imaging* yang memanfaatkan sensitivitas koil dan mengeksplotasi korelasi antar *k-space* yang berdekatan. Kelebihan GRAPPA mengatasi ketidakcocokan data dengan menggunakan kalibrasi otomatis. Selain memiliki kelebihan, GRAPPA memiliki kelemahan meningkatkan *noise* pada hasil citra (Sheng, dkk 2021). Menurut penelitian Yoon, dkk (2019) GRAPPA dapat menyebabkan SNR menurun dan artefak aliasing apabila menggunakan nilai *acceleration factor* tinggi. Penggunaan GRAPPA dalam pemeriksaan MRCP dipengaruhi oleh sebuah kecepatan yang disebut *acceleration factor*. Menurut Jin, dkk (2024) penggunaan nilai *acceleration factor* 3 baik digunakan pada pemeriksaan MRCP karena memiliki waktu yang lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan teknik *parallel imaging*. Waktu akuisisi yang dibutuhkan GRAPPA sekitar 3-5 menit dengan teknik pernapasan *respiratory trigger* (Chevallier, dkk 2021).

Selain *parallel imaging* GRAPPA, terdapat teknik lain yang dapat mempersingkat waktu akuisisi. *Compressed sensing* (CS) merupakan teknik mempercepat akuisisi data tanpa mengubah kualitas gambar dengan metode pengumpulan data dalam jumlah besar untuk merekonstruksi gambar beresolusi tinggi (Ansorge, dkk 2016). Menurut Y. Lee, dkk (2024), *compressed sensing* (CS) sering digunakan pada pemeriksaan MRCP karena keunggulannya memiliki sparsitas tinggi dalam menampilkan struktur cairan yang memiliki intensitas sinyal tinggi. Menurut penelitian Kwon, dkk (2018) CS pada pemeriksaan MRCP dapat mengevaluasi sistem biliari dengan waktu akuisisi singkat dan resolusi tinggi yang dipengaruhi oleh nilai *acceleration factor*. Nilai *acceleration factor* yang digunakan dalam CS lebih dari 4 (Yoon, dkk 2019). Waktu yang dibutuhkan CS dalam akuisisi sekitar 17-20 detik dengan teknik pernapasan *breath hold* (Chevallier, dkk 2021).

Penelitian Chevallier, dkk (2021) membandingkan GRAPPA menggunakan teknik pernapasan *respiratory trigger* dan CS menggunakan teknik pernapasan *breath hold* didapatkan CS menghasilkan waktu lebih cepat dibandingkan GRAPPA. Menurut penelitian Anis, dkk (2017), yang membandingkan teknik pernapasan *breath hold* dan *respiratory trigger* pada pemeriksaan MRCP, teknik pernapasan *respiratory trigger* baik digunakan untuk mengevaluasi sistem biliari dan *pancreatic duct* karena dapat meningkatkan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

Waktu akuisisi yang lama akan berpengaruh terhadap kualitas citra. Kualitas citra yang baik tidak hanya diukur dengan nilai SNR dan CNR, namun dapat dinilai dengan informasi citra anatomi yang menggambarkan struktur dan kelainan suatu anatomi. Menurut penelitian Chevallier, dkk (2021) dan Chen, dkk (2021), informasi citra anatomi yang dinilai dalam pemeriksaan MRCP meliputi *hepatic ductus*, *Common Bile Duct* (CBD), dan *cystic ductus*.

Sekuen rutin yang digunakan pada pemeriksaan MRCP di Instalasi Radiologi RSPAD Gatot Soebroto yaitu T2 HASTE Coronal MBH, T2 HASTE Axial P2 MBH 234, T1 VIBE Fat Sat Axial, T2 HASTE Fat Sat Thick Radial BH, T2 SPACE Coronal Trigger Iso. Sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso merupakan sekuen 3D pada MRCP yang menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan dipicu dengan teknik pernapasan *respiratory trigger*. *Acceleration factor* yang digunakan 3 dengan waktu akuisisi sekitar 4 menit.

Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan teknik *parallel imaging* GRAPPA pada pemeriksaan MRCP dapat meningkatkan *noise* dan membutuhkan waktu akuisisi sekitar 3-5 menit. *Compressed sensing* menghasilkan resolusi tinggi dan waktu akuisisi yang singkat sekitar 17-20 detik dibandingkan dengan menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA. Selama peneliti melakukan observasi pada bulan September-Oktober 2024, peneliti mendapatkan penggunaan teknik *parallel imaging* GRAPPA pada pemeriksaan MRCP di Instalasi Radiologi RSPAD Gatot Soebroto dengan waktu akuisisi sekitar 4 menit dengan teknik pernapasan *respiratory trigger*. Waktu akuisisi yang lama akan berpengaruh terhadap kualitas citra sehingga dibutuhkan alternatif teknik untuk mempercepat akuisisi tanpa mengorbankan kualitas citra.

Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk mengkaji dan mempelajari lebih lanjut perbedaan antara penggunaan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *Compressed Sensing* (CS) pada pemeriksaan *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP) menghasilkan informasi citra yang dipicu dengan teknik pernapasan *respiratory trigger* dalam anatomi. Penelitian ini akan dituangkan dalam sebuah skripsi berjudul “Analisis Perbedaan Informasi Citra Anatomi pada Pemeriksaan *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP) dengan Menggunakan Teknik *Parallel Imaging* GRAPPA dan *Compressed Sensing*”.

Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Penelitian ini membandingkan informasi citra anatomi antara menggunakan teknik *Parallel Imaging* GRAPPA dan *Compressed Sensing* pada pemeriksaan MRCP. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *statis design with control group*.

Sampel dalam penelitian ini terdiri atas 16 pasien yang melakukan pemeriksaan MRCP menggunakan alat MRI Siemens Magnetom Vida 3T. Adapun parameter yang digunakan antara lain nilai akselerasi faktor GRAPPA 3, *compressed sensing* 5, TE 705 ms, FA 1200, NSA 1,5, FOV 380 mm, *slice thickness* 1 mm, matriks 0.5 x 0.5 x 1.0 mm³, *bandwidth* 352 Hz/Px, serta menggunakan teknik pernapasan *respiratory trigger* pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso.

Penilaian informasi citra anatomi dilakukan oleh dua dokter radiologi terhadap struktur anatomi meliputi *hepatic ductus*, *common bile ductus* (CBD), dan *cystic ductus* dengan menggunakan skala likert 1-3. Selanjutnya, dilakukan uji kappa untuk menilai tingkat kesepakatan antar responden. Uji statistic yang digunakan adalah uji beda non parametik Wilcoxon dikarenakan data berskala ordinal. Uji tersebut digunakan untuk mengetahui perbedaan informasi citra anatomi antara menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* pada pemeriksaan MRCP. Sedangkan untuk melihat teknik mempercepat akuisisi yang lebih baik dalam menampilkan informasi anatomi dapat dilihat pada nilai *mean rank* tertinggi pada hasil uji beda Wilcoxon.

Hasil dan Pembahasan

April 2025 di Instalasi Radiologi RSPAD Gatot Soebroto Jakarta Pusat. Setiap sampel diberikan dua perlakuan yaitu teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing*. Pengelompokan sampel berdasarkan jenis kelamin, usia, dan patologi.

Tabel 1. Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis	Jumlah	Persentase
Kelamin		(%)
Laki-laki	10	62 %
Perempuan	6	38 %
Total	16	100 %

Sumber: Data Primer 2025

Tabel 2 Sampel Berdasarkan Usia

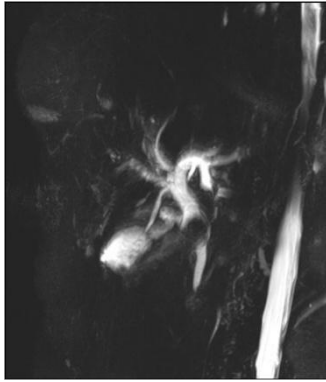
Rentang Usia (Th)	Jumlah	Persentase (%)
23 – 32	3	19 %
33 – 42	4	25 %
43 – 52	5	31%
53 – 62	3	19 %
63 – 72	1	6 %
Total	16	100 %

Sumber: Data Primer 2025

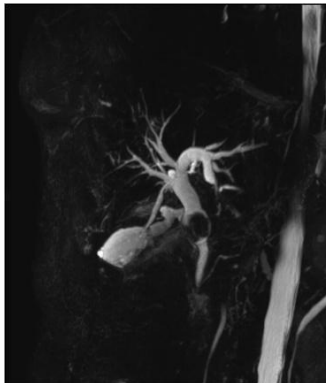
Tabel 3 Sampel Berdasarkan Patologi

Patologi	Jumlah	Persentase (%)
Kolelitiasis	12	75 %
Obstruksi Jaundice	2	31 %
Massa Caput	1	6 %
Icterus Obstruksi	1	6%
Total	16	100 %

Sumber: Data Primer 2025



Gambar 1 Hasil Citra MRCP GRAPPA sekuen T2 SPACE *Coronal Trigger Iso* dengan nilai akselerasi faktor 3



Gambar 2 Hasil Citra MRCP *Compressed sensing* sekuen T2 SPACE *Coronal Trigger Iso* dengan nilai akselerasi faktor 5

Berdasarkan hasil citra MRCP pada Gambar 1 yang menggunakan teknik GRAPPA menunjukkan struktur anatomi saluran empedu yang cukup jelas, namun batas antar struktur anatomi tampak kurang tegas dan disertai dengan *noise* pada area sekitar organ. Sedangkan, pada gambar 2 citra yang menggunakan teknik *Compressed Sensing* (CS) menunjukkan batas antar struktur anatomi yang lebih tegas, kontras yang lebih tinggi, serta visualisasi batu pada *Common Bile Duct* (CBD) yang lebih jelas. Selain itu, citra CS juga menampilkan tingkat *noise* yang lebih rendah dibandingkan dengan citra GRAPPA berdasarkan penilaian subjektif.

a. Hasil Uji Beda Non Parametik *Wilcoxon*

Berdasarkan data penilaian informasi anatomi oleh dua dokter spesialis radiologi yang sudah berpengalaman dalam membaca citra MRI kemudian dilakukan uji kesepakatan antar didapatkan hasil uji kesepakatan antar dua responden 0,383 ($p\text{-value} < 0,40$) yang bearti bahwa data dari kedua responden memiliki

kesepakatan yang cukup rendah. Kesepakatan antara kedua responden memiliki tingkat kesamaan yang cukup rendah dikarenakan kedua responden belum konsisten dalam memberikan skor penilaian. Kemudian dilakukan uji beda *Wilcoxon* secara keseluruhan dan pada setiap anatomi.

Tabel 4 Hasil Uji Beda *Wilcoxon* Informasi Anatomi Keseluruhan

Responden	<i>p-value</i>	Ket
R1	0,001	Ada Beda

Berdasarkan data pada tabel 4 tersebut, didapatkan hasil uji beda dengan nilai $p\text{-value} = 0,001$ ($p\text{-value} < 0,05$) yang bearti H_a diterima dengan kesimpulan terdapat perbedaan informasi citra anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRCP dengan menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dengan *compressed sensing*.

Tabel 5 Hasil Uji Beda *Wilcoxon* pada Setiap Anatomi

Anatomi	<i>p-value</i>	Ket
<i>Hepatic Ductus</i>	0,001	Ada Beda
<i>CBD</i>	0,001	Ada Beda
<i>Cystic Ductus</i>	0,005	Ada Beda

Pada hasil uji beda non parametik *Wilcoxon* terhadap struktur anatomi meliputi *hepatic ductus*, *common bile ductus* (CBD), *cystic ductus* menunjukkan bahwa ($p\text{-value} < 0,05$) maka H_0 ditolak atau H_a diterima dapat disimpulkan terdapat perbedaan informasi citra anatomi yang signifikan antara menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* pada pemeriksaan MRCP sekuen T2 SPACE *Coronal Trigger Iso*.

b. Hasil *Mean Rank* Uji Beda Non Parametik *Wilcoxon*

Tabel 6 Hasil *Mean Rank* pada Uji Beda *Wilcoxon*

Variabel	Mean Rank	Ket
Parallel Imaging GRAPPA	0,00	Ada Beda
Compressed Sensing	8,00	

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil *mean rank* teknik *parallel imaging* GRAPPA 0,00 sedangkan *compressed sensing* pada angka 8,00. Hal ini menunjukkan *compressed sensing* memiliki nilai *mean rank* tertinggi yang berarti *compressed sensing* lebih baik digunakan pada pemeriksaan MRCP.

c. Waktu akuisisi dalam pemeriksaan MRCP dengan menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso

Tabel 7 *Scan Time* pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso

Variabel	Scan Time
Parallel Imaging GRAPPA	4.01
Compressed Sensing	3.04

Berdasarkan tabel 7 dapat dilihat bahwa *compressed sensing* memiliki waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* GRAPPA yaitu 3.04.

Perbedaan informasi citra anatomi pada Pemeriksaan *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP) dengan menggunakan teknik *Parallel Imaging* GRAPPA dan *Compressed Sensing*.

Penilaian terhadap informasi anatomi dalam penelitian ini dilakukan secara faktual oleh dokter spesialis radiologi, sehingga diperoleh data

yang valid. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan uji beda *Wilcoxon*, yang menghasilkan nilai *p-value* = 0,001 (< 0,05). Hasil ini menunjukkan bahwa hipotesis alternatif (H_a) diterima, yaitu terdapat perbedaan citra informasi anatomi yang signifikan pemeriksaan MRCP antara penggunaan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso.

Selain dilakukan uji beda secara keseluruhan, dilakukan uji beda *Wilcoxon* pada anatomi *hepatic ductus* diperoleh nilai *p-value* = 0,001 (< 0,05), anatomi *common bile ductus* (CBD) dengan nilai *p-value* = 0,001 (< 0,05) dan anatomi *cystic ductus* dengan nilai *p-value* = 0,005 (< 0,05) yang berarti H_a diterima. Dari hasil tersebut terbukti bahwa terdapat perbedaan informasi citra anatomi yang diuji meliputi *hepatic ductus*, *common bile ductus* (CBD) dan *cystic ductus* pemeriksaan MRCP antara penggunaan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso.

Perbedaan teknik *parallel imaging* GRAPPA dengan *compressed sensing* terjadi karena teknik *parallel imaging* GRAPPA memiliki sifat sensitive terhadap pergerakan terutama pada pemeriksaan MRCP, yang memiliki waktu akuisisi lebih lama karena menyesuaikan dengan pola pernapasan pasien. Waktu akuisisi yang lama tersebut menjadi faktor utama pasien mengalami pergerakan sehingga menimbulkan *noise* dan artefak aliasing (Yoon dkk, 2019).

Sedangkan *compressed sensing* memvisualisasikan struktur anatomi meliputi *gallbladder* dan sistem biliaris dengan baik seperti yang dikemukakan oleh Chevallier dkk, (2021). Hal tersebut terjadi dikarenakan *compressed sensing* memiliki sifat sparsitas tinggi dalam menampilkan struktur cairan organ yang memiliki intensitas sinyal yang tinggi (Y. Lee dkk, 2024). Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini yang memiliki nilai informasi citra anatomi yang baik pada penggunaan *compressed sensing* pemeriksaan MRCP dengan nilai *mean rank* jauh lebih tinggi yaitu 8,0 dibandingkan teknik *parallel imaging* GRAPPA dengan nilai *mean rank* 0,0.

Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan Kwon, dkk (2018) CS pada pemeriksaan MRCP memiliki kemampuan untuk

mengevaluasi sistem biliari dengan waktu akuisisi singkat dan menghasilkan resolusi tinggi terbukti pada hasil penelitian menunjukkan *compressed sensing* membutuhkan waktu akuisisi 3.04 sedangkan teknik *parallel imaging* GRAPPA dengan waktu akuisisi 4.01. Meskipun hanya terdapat perbedaan waktu 1 menit namun dapat menghasilkan struktur anatomi yang terbatas tegas dan kontras yang tinggi dengan waktu lebih singkat. Maka dari itu, penggunaan *compressed sensing* akan memudahkan dokter dalam mendiagnosa penyakit karena dapat menghasilkan gambar dengan struktur anatomi yang jelas, terbatas tegas dan sedikit *noise*.

Teknik mempercepat akuisisi mana yang lebih baik digunakan pada Pemeriksaan Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP) dalam menghasilkan informasi citra anatomi.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa teknik *compressed sensing* (CS) memiliki *mean rank* tertinggi pada setiap organ yang dianalisis seperti *hepatic ductus*, *common bile ductus* (CBD) dan *cystic ductus*. Secara keseluruhan, *mean rank* tertinggi dari uji perbedaan informasi anatomi juga didapatkan oleh CS yaitu sebesar 8,0, sedangkan teknik *parallel imaging* GRAPPA menunjukkan nilai *mean rank* yang jauh lebih rendah yaitu 0,0. Nilai *mean rank* yang lebih tinggi menjelaskan bahwa gambar yang dihasilkan oleh CS dinilai lebih baik oleh responden dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* GRAPPA.

Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *compressed sensing* mampu memberikan citra anatomi yang lebih optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa teknik *compressed sensing* memiliki keunggulan signifikan dalam menampilkan informasi anatomi pada pemeriksaan MRCP sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* GRAPPA.

Menurut penelitian Y. Lee dkk, (2024), teknik *compressed sensing* (CS) banyak diaplikasikan dalam pemeriksaan *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP) karena memiliki kemampuan sparsitas tinggi yaitu kemampuan untuk merekonstruksi citra undersampling dengan efisiensi tinggi. Kemampuan sparsitas tinggi tersebut efektif dalam menampilkan struktur organ yang memiliki intensitas sinyal tinggi seperti *gallbladder* dan

sistem biliaris. Salah satu keunggulan *compressed sensing* adalah memiliki kemampuan untuk menekan background, sehingga struktur anatomi terlihat lebih jelas.

Hal tersebut terlihat pada hasil citra *compressed sensing* terlihat lebih jelas struktur anatomi dengan *background* tampak lebih gelap dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* GRAPPA. Kontras yang dihasilkan oleh CS lebih tinggi dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* GRAPPA yang menunjukkan *noise* lebih banyak serta kontras anatomi yang kurang tajam akibat gangguan pernapasan dan sensitivitas terhadap gerakan pasien.

Selain keunggulan CS dalam menampilkan informasi anatomi yang lebih baik, CS memiliki keunggulan lainnya yaitu waktu akuisisi yang cepat. Waktu akuisisi yang cepat menjadi salah satu faktor utama dalam pemeriksaan MRCP, terutama pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso yang mempunyai durasi waktu akuisisi panjang dan tergantung terhadap pola penapasan pasien. Waktu akuisisi yang lebih cepat, secara signifikan dapat mengurangi risiko pergerakan pasien.

Simpulan

Terdapat perbedaan informasi citra anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRCP dengan menggunakan teknik *parallel imaging* GRAPPA dan *compressed sensing* yang dibuktikan melalui uji beda *Wilcoxon* dengan nilai *p-value* < 0,05 pada *hepatic ductus*, *common bile ductus* (CBD), dan *cystic ductus*.

Teknik *compressed sensing* lebih baik dibandingkan teknik *parallel imaging* GRAPPA dalam menghasilkan citra MRCP dengan struktur anatomi yang jelas dengan *background* lebih gelap, terbatas tegas, kontras tinggi dan sedikit *noise* terutama pada sekuen T2 SPACE Coronal Trigger Iso. Hal tersebut dibuktikan oleh nilai *mean rank* yang lebih tinggi sebesar 8.0. Selain itu *compressed sensing* memiliki waktu akuisisi lebih cepat yaitu 3.04 menit.

Daftar Pustaka

Alan Pratama, I Made Lana Prasetya, & Iman Nuriman. (2023). Prosedur Pemeriksaan MRI MRCP Pada Kasus Kolelitiasis. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*, 2(2), 64–73. <https://doi.org/10.55606/jurrike.v2i2.1728>

- Ali Al Yafei, A. F., Umra Khan, H., Ali Afef Ali Al Yafei, F., Ali Al Yafei, A., & Journal of Gastroenterology, J. (2024). Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP): Innovations in Non-Invasive Visualization of the Hepatobiliary and Pancreatic Systems. *J Gastro Hepato*, 10(12), 1–13.
<https://doi.org/10.47829/jjgh.2024.101204>
- Anis, N. S., Latifah, R., & Andreani, S. U. (2017). Evaluation Comparison Image Quality of Breath Hold (SSTSE) and Respiratory Triggering (TSE) Technique to the Examination of Magnetic Cholangiopancreatography (MRCP). (Vol. 01). www.e-journal.unair.ac.id/index.php/JVHS
- Ansorge, R., & Graves, M. (2016). *The Physics and Mathematics of MRI* (Morgan & Claypool, Ed.).
- Astuti, A. W. (2023). Teknik Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging (MRI) Brain Dengan Penambahan Sequence Axial 3D-Fiesta Pada Kasus Facial Tic. *Compromise Journal : Community Professional Service Journal*, 1(4).<https://doi.org/10.57213/compromisejournal.v1i4.34>
- Blaise, H., Remen, T., Ambarki, K., Weiland, E., Kuehn, B., Orry, X., & Laurent, V. (2021). Comparison Of Respiratory-Triggered 3D MR Cholangiopancreatography and Breath-Hold Compressed-Sensing 3D MR Cholangiopancreatography At 1.5 T and 3 T And Impact Of Individual Factors on Image Quality. *European Journal of Radiology*, 142.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109873>
- Chen, Z., Sun, B., Xue, Y., Duan, Q., Zheng, E., He, Y., Li, G., & Zhang, Z. (2021). Comparing Compressed Sensing Breath-Hold 3D MR Cholangiopancreatography with Two Parallel Imaging MRCP Strategies in Main Pancreatic Duct and Common Bile Duct. *European Journal of Radiology*, 142.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109833>
- Chevallier, O., Escande, H., Ambarki, K., Weiland, E., Kuehn, B., Guillen, K., Manfredi, S., Gehin, S., Blanc, J., & Loffroy, R. (2021). Single- Breath-Hold Mri-Space Cholangiopancreatography with Compressed Sensing Versus Conventional Respiratory-Triggered Mri-Space Cholangiopancreatography At 3tesla: Comparison of Image Quality and Diagnostic Confidence. *Diagnostics*, 11(10).
<https://doi.org/10.3390/diagnostics11101886>
- Federle, M. P., de Christenson, M. L., Raman, S. P., Carter, B. W., Shaaban, A. M., & Woodward, P. J. (2016). *Imaging anatomy: Chest, abdomen, pelvis* (2nd ed.). Elsevier - Health Sciences Division.
- Grivid Kuntag, E., Irma Wulandari, P., Sukadana, K., & Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, A. (2023). Comparison of Use of Original Box Tea and Blackcurrant Box Tea as Negative Oral Contrast Media to Anatomic Information on Mrcp Examination in Radiological Installation Prof. Dr. R.D Kandou Manado Perbandingan Penggunaan Teh Kotak Original Dan Teh Kotak Blackcurrant Sebagai Media Kontras Oral Negatif Terhadap Informasi Anatomi Pada Pemeriksaan MRCP Di Instalasi Radiologi Rsup Prof. Dr. R. D Kandou Manado. *Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Awal Bros MIROR*, 3(1), 2808–5272.
<https://doi.org/10.54973/mirror.v3i1.261>
- Hansen, J. T. (2014). *Netter's clinical anatomy* (3rd ed.). W B Saunders.
- Islam, J. U., Aryal, B., Chakraborty, A., Wani, A. A., Bhat, M. R., & Barman, S. (2024). Significance of MRCP in Assessing Hepatobiliary Abnormalities. *Innovative Journal of Medical Imaging*, 1, 1–5.
<https://doi.org/10.62502/ijmi/cqkcgx28>
- Jin, D., Li, X., Qian, Y., Qiao, Y., Liu, L., Tian, J., Wang, L., Ma, Y., Qin, Y., & Zhu, Y. (2024). Modified respiratory-triggered SPACE sequences for magnetic resonance cholangiopancreatography. *European Journal of Radiology Open*, 12.
<https://doi.org/10.1016/j.ejro.2024.100564>
- Kartikasari, Y., Ardiyanto, J., Firdani, A. L., Poltekkes,), & Semarang, K. (n.d.). Perbedaan Informasi Citra Anatomi Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (Mrcp) Coronal Pada Sekuen T2 Frfse (Fast Recovery Fast Spin Echo) Antara Penggunaan Arc Dengan Tanpa Arc Information Differences of Coratal Anatomi Magnetic Resonance Image Anthomy Magnetic Resonance (MRCP) In T2 Frfse (Fast Recovery Fast Spin Echo) Selection Between Use of Arc with No Arc. *JImeD*, 4(2).
<https://doi.org/10.31983/JIMED.V4I2.4010>
- Kwon, H., Reid, S., Kim, D., Lee, S., Cho, J., & Oh, J. (2018). Diagnosing Common Bile Duct Obstruction: Comparison of Image Quality and Diagnostic Performance of Three-Dimensional Magnetic Resonance Cholangiopancreatography with and without Compressed Sensing. *Abdominal Radiology*, 43(9), 2255–2261.
<https://doi.org/10.1007/s00261-017-1451-6>
- Lee, J. H., Lee, S. S., Kim, J. Y., Kim, I. S., Byun, J. H., Park, S. H., & Lee, M. G. (2014). Parallel Imaging Improves the Image Quality and Duct Visibility of Breathhold Two-Dimensional Thick-Slab MR Cholangiopancreatography. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 39(2), 269–275. <https://doi.org/10.1002/jmri.24155>

- Lee, Y., Yoon, S., Park, S. H., & Nickel, M. D. (2024). Advanced Abdominal MRI Techniques and Problem-Solving Strategies. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 85(2), 345–362. <https://doi.org/10.3348/jksr.2023.0067>
- Majumdar, A. (2016). *MRI Physics, Image Reconstruction, and Analysis*.
- Petrie Aviva and Sabine Caroline. (2015). *Medical Statistics at a Glance 2nd Ed.*
- Riyanto, S. (2020). Metode Riset Penelitian Kuantitatif.
- Sheng, J., Shi, Y., & Zhang, Q. (2021). Improved Parallel Magnetic Resonance Imaging Reconstruction with Multiple Variable Density Sampling. *Scientific Reports*, 11(1), 9005. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88567-z>
- Singh, V. (2014). *Textbook of anatomy abdomen and lower limb; Volume II (2nd ed.)*. Elsevier.
- Tokoro, H., Yamada, A., Suzuki, T., Kito, Y., Adachi, Y., Hayashihara, H., Nickel, M. D., Maruyama, K., & Fujinaga, Y. (2020). Usefulness of Breath-Hold Compressed Sensing Accelerated Three-Dimensional Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP) Added to Respiratory-Gating Conventional MRCP. *European Journal of Radiology*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.108765>
- Wang, D. Q., Neuschwander-Tetri, B. A., & Portincasa, P. (2016). *The Biliary System* (D. N. Granger & J. P. Granger, Eds.; 2nd ed.). Morgan & Claypool.
- Westbrook, C. (2016). *MRI at a Glance (3rd ed.)*. John Wiley & Sons. Cambridge.
- Westbrook, C., & Talbot, J. (2019). *MRI in Practice (5th ed.)*. Standards Information Network. Cambridge
- Westbrook Catherine. (2014). *Handbook of MRI Technique*. Cambridge.
- Wicaksono, A. (2020). Perbedaan Kualitas Citra Anatomi Pada Pemeriksaan 3D MRCP Potongan Coronal Dengan Dan Tanpa Menggunakan Compressed Sense. Poltekkes Kemenkes Semarang.
- Yoon, J. H., Nickel, M. D., Peeters, J. M., & Lee, J. M. (2019). Rapid Imaging: Recent Advances in Abdominal MRI For Reducing Acquisition Time and Its Clinical Applications. *Korean Journal of Radiology*, 20(12), 1597–1615. <https://doi.org/10.3348/kjr.2018.0931>