

Peranan Sekuen *Axial T1 Dual Echo* dan *IDEAL-IQ* dalam Menilai *Fatty liver* pada Pemeriksaan MRI *Upper Abdomen*

Heri Kuswoyo¹, Ravenska Difa², Eunike Fajarini³, Paralam Sinambela⁴

^{1,2} Poltekkes Jakarta II, Jakarta, Indonesia

³ GE Healthcare, Jakarta, Indonesia

⁴ RSPPN Soedirman, Jakarta, Indonesia

Corresponding Author: Ravenska Difa

e-mail: p21130224971@poltekkesjkt2.ac.id

ABSTRACT

Background: Epidemiologically, fatty liver disease is one of the most common liver disorders worldwide. The severity of fatty liver is classified based on the proportion of hepatocytes containing fat, with categories ranging from normal to mild, moderate, and severe. In relation to which, Magnetic Resonance Imaging (MRI) is a reliable modality for the detection and quantification of fatty liver and demonstrates higher diagnostic accuracy compared with CT and ultrasound. The T1 dual-echo sequence is used as a qualitative method for assessing fatty liver based on radiologist interpretation, whereas the IDEAL IQ sequence serves as a quantitative method by providing proton density fat fraction (PDFF) values.

Methods: This research was undertaken at Radiology Department of Soedirman National Defence Central Hospital starting from September up to November 2025. This research applied a descriptive quantitative study design which was employed using observation and questionnaire methods. A total of 20 samples were accordingly included, and all participants underwent the same imaging protocol, consisting of axial T1 dual-echo and IDEAL IQ sequences during upper abdominal MRI examinations. The agreement in fatty liver severity assessment between the two sequences was subsequently analysed using Cohen's Kappa statistical test.

Results: Using the axial T1 dual-echo sequence as a qualitative method and the IDEAL-IQ sequence as a quantitative method, fatty liver assessment was obtained across all severity categories. The weighted kappa coefficient (K_w) was 0.973, with a p-value (Sig.) of 0.000, indicating a very strong agreement between the raters.

Conclusions: This research demonstrates that there is a significant agreement between the assessment of fatty liver severity using the axial T1 dual-echo sequence and the IDEAL IQ sequence. Therefore, it can be concluded that both methods produce highly consistent and reliable evaluations and are justifiable for clinical use.

Keywords: Fatty Liver; MRI Upper Abdomen; T1 Dual Echo; IDEAL IQ; PDFF

Pendahuluan

Penyakit hati berlemak (*fatty liver disease*), atau dikenal juga dengan istilah medis hepatic steatosis, merupakan kondisi patologis yang ditandai dengan penumpukan lemak, terutama trigliserida, di dalam sitoplasma sel-sel hati (hepatosit) (Doley et al., 2018). Akumulasi trigliserida dan lipid yang terdapat dalam hati melebihi batas (>5%) dari keseluruhan berat hati (Vernuccio et al., 2021) (Panc et al., 2025). *Fatty liver* menjadi perhatian serius dalam dunia kedokteran karena prevalensinya yang terus meningkat seiring dengan pola hidup modern, serta potensinya untuk berkembang

menjadi kondisi hati yang lebih berat seperti steatohepatitis, fibrosis, sirosis, hingga kanker hati (Mattos et al., 2021)(Panc et al., 2025). Tingkat keparahan *fatty liver* dikategorikan berdasarkan proporsi hepatosit (sel utama penyusun hati) yang mengandung lemak. Steatosis dinilai dengan memperkirakan secara visual proporsi hepatosit yang mengandung lemak, dengan kategori tingkat keparahan secara umum : Normal (>5% presentase hepatosit berlemak, tidak dianggap sebagai steatosis klinis), Ringan (5-30% presentase hepatosit berlemak, lemak terdeteksi namun masih terbatas), Sedang (30-60% presentase hepatosit berlemak, lemak terlihat cukup menyebar di jaringan hati),

Berat (>60% presentase hepatosit berlemak, mayoritas hepatosit mengandung lemak) (Powell et al., 2021) (Sahani & Samir, 2016).

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan metode yang andal dalam mendeteksi dan mengukur *fatty liver*, serta memiliki akurasi diagnostik yang lebih tinggi dibandingkan USG atau CT Scan. Sensitivitas dan spesifisitas MRI dalam mendekteksi steatosis mencapai 100%. Saat ini MRI merupakan modalitas pencitraan paling akurat untuk mendeteksi infiltrasi lemak dalam jumlah kecil, bahkan serendah 3% (Idilman et al., 2020) (Jeznach-Steinhagen et al., 2017) . MRI dianggap sebagai alat pencitraan paling akurat untuk menilai penyakit *fatty liver* baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Secara visual, mengenali penyakit *fatty liver* biasanya cukup mudah, karena umumnya ditandai dengan keterlibatan hati yang menyeluruh dan merata (difus dan homogen). Namun distribusi lemak yang tidak khas, seperti yang terlihat pada penyakit *fatty liver* fokal atau multifokal, bisa menyerupai lesi lain dan menjadi tantangan diagnostik (Sahani & Samir, 2016).

T1 *Dual Echo* (*In-phase* dan *Out-of-phase*) merupakan sekuen yang berbasis pada *chemical shift*. Aplikasi teknologi pencitraan *chemical shift* lebih sensitif dalam mendiagnosa *fatty liver*, serta dapat menilai keberadaan *fatty liver* yang mengarah pada diagnosa lain yang lebih serius. Gambar *in-phase* dan *out-phase* dari *chemical shift* imaging dapat menunjukkan infiltrasi lemak di hati, dan saat ini merupakan teknik paling sensitif untuk mendeteksi jumlah lemak yang kecil atau jejak lemak yang sangat sedikit. Intensitas sinyal dari infiltrasi lemak pada gambar *out-of-phase* secara jelas lebih rendah dibandingkan gambar *in-phase*, sedangkan pada parenkim hati normal tidak terdapat perbedaan antara gambar *in-phase* dan *out-of-phase* (N. Wang et al., 2022). Hal ini disebabkan oleh proton air dan lemak yang saling berimpit pada fase *in-phase* dan saling meniadakan pada fase *out-of-phase*. Tingkat penurunan intensitas sinyal hati pada fase *out-of-phase* mencerminkan jumlah lemak yang ada di dalam hati (Li, 2025).

Dengan semakin luasnya penggunaan MRI 3.0 Tesla, berbagai teknologi baru untuk pemisahan air-lemak berbasis *chemical shift* telah muncul dalam beberapa tahun terakhir, seperti: IDEAL (*Iterative Decomposition of water and fat with Echo Asymmetry and Least*). Teknik ini bekerja dengan cara menghitung ulang gambar dalam *field of view* (FOV) selama pemindaian dan mengoptimalkan rasio sinyal terhadap *noise* (*signal-to-noise ratio*)

melalui pemindahan fase yang asimetris, sehingga kemampuan pemisahan sinyal air dan lemak meningkat (Li, 2025) . IDEAL-IQ adalah teknik lanjutan dalam MRI abdomen yang digunakan untuk kuantisasi kadar lemak dan zat besi secara non-invasif dan kuantitatif, terutama di hati, Teknik ini didasarkan pada teknik pemisahan air dan lemak berbasis *chemical shift* untuk memperoleh fat fraction densitas proton (PDFF). PDFF lebih baik daripada biopsi hati, terutama untuk memantau perubahan longitudinal lemak hati dalam uji klinis (Ajmera & Loomba, 2021). Berbagai studi telah menunjukkan bahwa penggunaan IDEAL-IQ untuk menguji stabilitas dan keterulangan pengukuran lemak hati dapat diterima dan memiliki akurasi yang tinggi (Q. Wang et al., 2019). IDEAL-IQ dapat mengkategorikan derajat steatosis hati berdasarkan PDFF, membaginya menjadi kategori : Normal <6%, Ringan 6 – 17%, Sedang 17 – 22% dan Berat >22% (Guglielmo et al., 2023).

Pada praktik pemeriksaan MRI *Upper Abdomen* di RSPPN Soedirman, sekuen *Axial T1 Dual Echo* merupakan sekuen yang rutin digunakan untuk menilai adanya *fatty liver* secara kualitatif. Sementara itu IDEAL IQ merupakan sekuen lanjutan (*advanced*) yang memiliki kemampuan kuantitatif, namun belum pernah diterapkan sebagai bagian dari protokol pemeriksaan rutin. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian hasil antara kedua sekuen tersebut, sehingga dapat memberikan bukti ilmiah mengenai potensi pemanfaatan sekuen IDEAL IQ dalam menilai *fatty liver*. Penelitian ini dirancang dan dilaksanakan secara independen, tanpa pengaruh dari kepentingan afiliasi vendor tertentu.

Sekuen *Axial T1 Dual Echo* sebagai metode kualitatif dan sekuen IDEAL IQ sebagai metode kuantitatif memiliki peranan masing-masing dalam menilai *fatty liver*. Penelitian ini akan menganalisa peranan sekuen *Axial T1 Dual Echo* dan IDEAL IQ dan kemudian melihat apakah terdapat kesepakatan hasil diantara keduanya.

Metode

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian secara kuantitatif observasional analitik dengan desain cross-sectional yang bertujuan menganalisis peranan dan menilai tingkat kesepakatan untuk sekuen *Axial T1 Dual Echo* dan sekuen IDEAL-IQ dalam menilai derajat *fatty liver* pada pemeriksaan MRI *Upper Abdomen* menggunakan uji statistik *Kappa Cohens*. Data yang digunakan yaitu data primer yang diperoleh dari pemeriksaan MRI *Upper Abdomen/Liver* menggunakan sekuen *Axial T1*

Dual Echo dan sekuen IDEAL-IQ pada bulan September hingga November 2026. Populasi yang diambil dalam penelitian ini adalah pasien yang melakukan pemeriksaan MRI *Upper Abdomen/liver* di Instalasi Radiologi RSPPN Soedirman dengan sampel yang diambil dalam penelitian sebanyak 20 sampel, mengacu pada jumlah sampel minimal yang direkomendasikan untuk uji *Kappa* Cohens adalah antara 11-28 menurut Bujang & Baharum (Bujang & Baharum, 2017).

Metode yang digunakan adalah observasi, eksperimen dan kuesioner. Kuesioner digunakan sebagai instrumen pengumpulan data yang dinilai oleh dokter radiologi sebagai responden menilai tingkat keparahan *fatty liver* secara subjektif. Alat yang digunakan adalah MRI GE Signa Architect 3 Tesla. Sebelum dilakukan analisis menggunakan IDEAL IQ, citra *Axial T1 Dual Echo* dinilai secara independen oleh dokter spesialis radiologi menggunakan kuesioner. Selama proses penilaian, dokter radiologi tidak diberikan akses terhadap hasil *post processing* IDEAL IQ maupun nilai PDFF (*blinded assessment*) sehingga penilaian kualitatif dilakukan secara independen.

Penelitian ini mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan dengan nomor DP.04.03/I/KE/30/726/2025.

Hasil dan Pembahasan

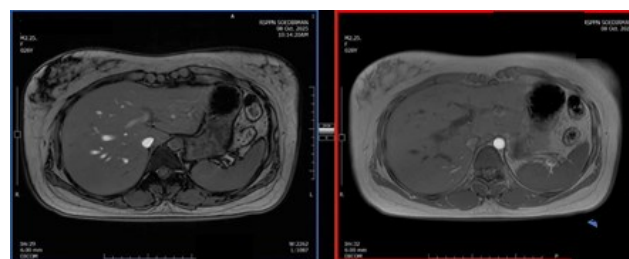
Keseluruhan sampel dilakukan perlakuan yang sama yaitu pemeriksaan MRI *Upper Abdomen* dengan menggunakan sekuen *Axial T1 Dual Echo* dan IDEAL IQ. Hasil dari sekuen *Axial T1 Dual Echo* kemudian dinilai oleh dokter radiologi selaku responden. Responden menilai *fatty liver* dan membaginya ke dalam kategori tingkat keparahannya yaitu normal, ringan, sedang dan berat. Berikut adalah hasil dari kuesioner penilaian tingkat keparahan *fatty liver* oleh dokter Radiologi berdasarkan dari gambaran *Axial T1 Dual Echo*.

Tabel 1. Hasil penilaian tingkat keparahan *fatty liver* dari sekuen *Axial T1 Dual Echo* oleh dokter radiologi

Sampel	Tingkat Keparahannya <i>Fatty liver</i>
Sampel 1	Ringan
Sampel 2	Normal
Sampel 3	Berat
Sampel 4	Normal
Sampel 5	Normal
Sampel 6	Ringan
Sampel 7	Berat

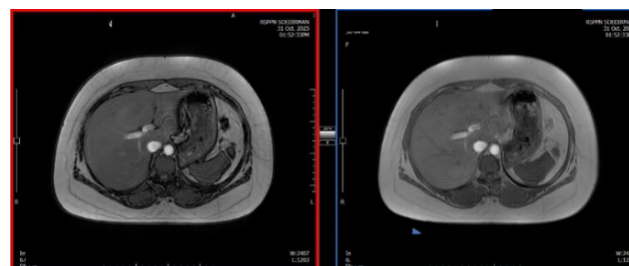
Sampel 8	Normal
Sampel 9	Normal
Sampel 10	Normal
Sampel 11	Normal
Sampel 12	Ringan
Sampel 13	Ringan
Sampel 14	Normal
Sampel 15	Normal
Sampel 16	Normal
Sampel 17	Ringan
Sampel 18	Normal
Sampel 19	Normal
Sampel 20	Sedang

Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan normal dapat dilihat pada gambar 1. Artinya *liver* dalam batas normal, tanpa adanya *fat fraction*. Gambaran hati tampak homogen tanpa penurunan sinyal.



Gambar 1. Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan gambaran *liver* normal

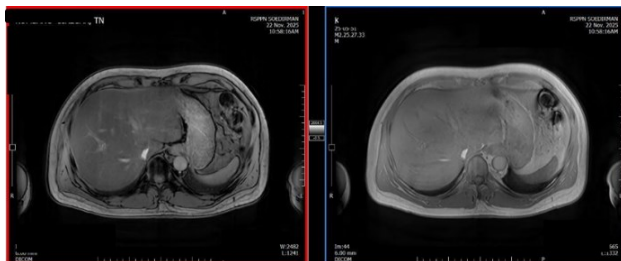
Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan ringan dapat dilihat pada gambar 2. Pada gambaran tersebut terdapat sedikit perbedaan gambaran antara *in-phase* dan *out-phase*. Penurunan sinyal dari *hyperintens* ke *hypointens* minimal, tampak ringan.



Gambar 2. Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori ringan

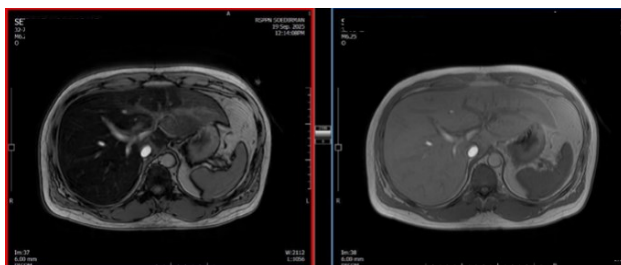
Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan sedang dapat dilihat pada gambar 3. Pada

gambaran tersebut terdapat perbedaan gambaran antara *in-phase* dan *out-phase*. Penurunan sinyal dari *hyperintens* ke *hypointens* tampak jelas namun tidak mencolok.



Gambar 3. Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori sedang

Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan berat dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambaran tersebut terdapat perbedaan gambaran yg signifikan antara *in-phase* dan *out-phase*. Penurunan sinyal dari *hyperintens* ke *hypointens* tampak jelas mencolok, menunjukkan *fatty liver* berat.



Gambar 4. Hasil citra sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori berat

Setelah dilakukan pemeriksaan menggunakan sekuen IDEAL IQ dan dilanjutkan dengan *post processing image*, kemudian didapatkan data penilaian tingkat keparahan *fatty liver* dari keseluruhan sampel :

Tabel 2. Hasil penilaian tingkat keparahan *fatty liver* menggunakan sekuen IDEAL-IQ

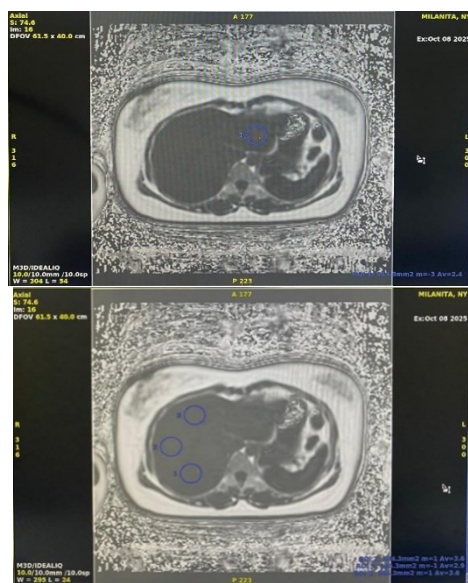
Sampel	Nilai PDFF	Kategori	Tingkat Keparahan <i>Fatty liver</i>
Sampel 1	ROI 1 = 11.6 ROI 2 = 7.9 ROI 3 = 7.1 ROI 4 = 7.9	6%-17%	Ringan
Sampel 2	ROI 1 = 1.5 ROI 2 = 2.6 ROI 3 = 2.7 ROI 4 = 1.5	<6%	Normal
Sampel 3	ROI 1 = 34.7 ROI 2 = 38.2 ROI 3 = 27.4	>22%	Berat

Sampel	Nilai PDFF	Kategori	Tingkat Keparahan <i>Fatty liver</i>
	ROI 4 = 39.1		
Sampel 4	ROI 1 = 2.1 ROI 2 = 2.1 ROI 3 = 3.6 ROI 4 = 3.7	<6%	Normal
Sampel 5	ROI 1 = 1.7 ROI 2 = 2.0 ROI 3 = 2.2 ROI 4 = 1.7	<6%	Normal
Sampel 6	ROI 1 = 13.3 ROI 2 = 16.6 ROI 3 = 18.3 ROI 4 = 16.6	6%-17%	Ringan
Sampel 7	ROI 1 = 34.5 ROI 2 = 32.5 ROI 3 = 26.6 ROI 4 = 32.5	>22%	Berat
Sampel 8	ROI 1 = 2.7 ROI 2 = 3.3 ROI 3 = 1.1 ROI 4 = 2.7	<6%	Normal
Sampel 9	ROI 1 = 3.6 ROI 2 = 3.6 ROI 3 = 2.9 ROI 4 = 2.7	<6%	Normal
Sampel 10	ROI 1 = 1.0 ROI 2 = 0.7 ROI 3 = 1.9 ROI 4 = 1.3	<6%	Normal
Sampel 11	ROI 1 = 4.6 ROI 2 = 4.5 ROI 3 = 4.7 ROI 4 = 5.3	<6%	Normal
Sampel 12	ROI 1 = 12.5 ROI 2 = 11.2 ROI 3 = 9.5 ROI 4 = 10.8	6%-17%	Ringan
Sampel 13	ROI 1 = 11.3 ROI 2 = 9.9 ROI 3 = 7.7 ROI 4 = 7.7	6%-17%	Ringan
Sampel 14	ROI 1 = 1.6 ROI 2 = 2.2 ROI 3 = 2.8 ROI 4 = 2.5	<6%	Normal
Sampel 15	ROI 1 = 1.2 ROI 2 = 2.0 ROI 3 = 1.6 ROI 4 = 1.6	<6%	Normal
Sampel 16	ROI 1 = 5.0 ROI 2 = 7.7 ROI 3 = 7.3 ROI 4 = 8.0	6%-17%	Ringan
Sampel 17	ROI 1 = 10.2 ROI 2 = 10.2 ROI 3 = 13.6 ROI 4 = 8.8	6%-17%	Ringan
Sampel 18	ROI 1 = 2.4 ROI 2 = 2.5 ROI 3 = 2.2 ROI 4 = 3.4	<6%	Normal

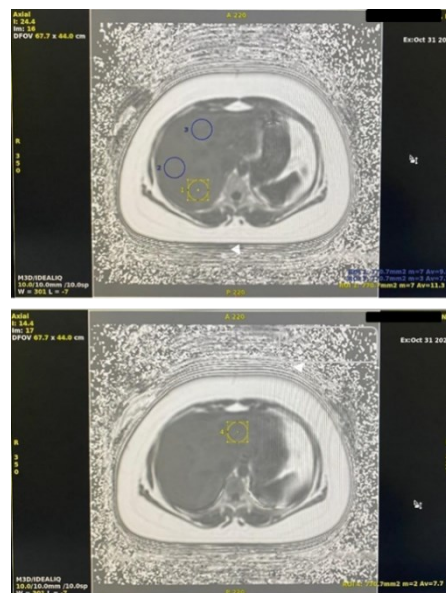
Sampel	Nilai PDFF	Kategori	Tingkat Keparahan <i>Fatty liver</i>
Sampel 19	ROI 1 = 4.3 ROI 2 = 4.8 ROI 3 = 3.0 ROI 4 = 4.3	<6%	Normal
Sampel 20	ROI 1 = 17.6 ROI 2 = 17.5 ROI 3 = 17.1 ROI 4 = 18.2	17%- 22%	Sedang

Hasil citra sekuen IDEAL IQ yang menunjukkan gambaran *fatty liver* kategori normal dapat dilihat pada gambar 5. Dapat dikatakan normal karena hasil nilai *Average Value* (AV), ROI pada *post processing* berada pada *range* <6%. ROI 1 = 3.6, ROI 2 = 3.6, ROI 3 = 2.9 dan ROI 4 = 2.7. Keseluruhan nilai ROI <6% sehingga gambaran *liver* dikatakan normal.

Hasil citra sekuen IDEAL IQ yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan ringan dapat dilihat pada gambar 6. Dapat dikatakan ringan karena hasil nilai *Average Value* (AV), ROI pada *post processing* berada pada *range* 6-17%. ROI 1 = 11.3, ROI 2 = 9.9, ROI 3 = 7.7 dan ROI 4 = 7.7. Keseluruhan nilai ROI berada di *range* 6-17% sehingga tingkat keparahan *fatty liver* dapat dikategorikan ringan.

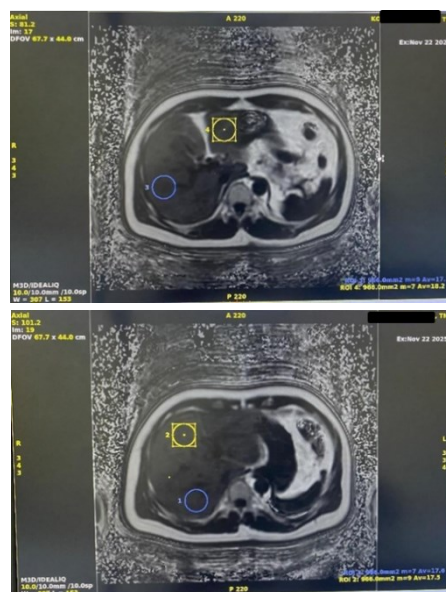


Gambar 5. Hasil citra sekuen IDEAL IQ dengan gambaran *liver* normal

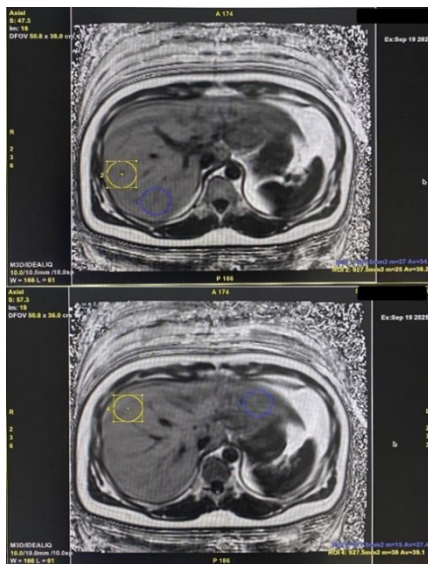


Gambar 6. Hasil citra sekuen IDEAL IQ dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori ringan

Hasil citra sekuen IDEAL IQ yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan sedang dapat dilihat pada gambar 7. Dapat dikatakan sedang karena hasil nilai *Average Value* (AV), ROI pada *post processing* berada pada *range* 17-22%. ROI 1 = 17.6, ROI 2 = 17.5, ROI 3 = 17.1 dan ROI 4 = 18.2. Keseluruhan nilai ROI berada di *range* 17-22% sehingga tingkat keparahan *fatty liver* dapat dikategorikan sedang.



Gambar 7. Hasil citra sekuen IDEAL IQ dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori sedang.



Gambar 8. Hasil citra sekuen IDEAL IQ dengan tingkat keparahan *fatty liver* kategori berat.

Hasil citra sekuen IDEAL IQ yang menunjukkan gambaran *fatty liver* dengan tingkat keparahan berat dapat dilihat pada gambar 4.15. Dapat dikatakan berat karena hasil nilai *Average Value* (AV), ROI pada *post processing* berada pada *range* >22%. ROI 1 = 34.7, ROI 2 = 38.2, ROI 3 = 27.4 dan ROI 4 = 39.1. Keseluruhan nilai ROI berada di *range* >22% sehingga tingkat keparahan *fatty liver* dapat dikategorikan berat.

Dalam penelitian ini, uji statistik *Kappa* Cohens. digunakan untuk menguji hipotesis mengenai tingkat kesepakatan antara variabel IDEAL IQ dan *Axial T1 Dual Echo* dalam mengukur tingkat keparahan *Fatty liver*. Jenis pembobotan yang digunakan adalah *quadratic weighting*. Hasil perhitungan *Weighted Kappa* menunjukkan nilai koefisien sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil uji kesepakatan (*Weighted Kappa*) antara sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan IDEAL-IQ

	Nilai	Interpretasi
<i>Weighted Kappa</i> (K _w)	0,973	Kesepakatan sangat kuat
P-Value (Sig.)	0,000	Signifikan

Diperoleh nilai koefisien *Weighted Kappa* (K_w) sebesar 0.973 dengan 95% CI : 0,916-1,00. Nilai ini berada dalam rentang 0.81 hingga 1.00, yang menunjukkan adanya kesepakatan sangat kuat (*almost perfect agreement*) antara penilaian yang dihasilkan oleh IDEAL IQ dan *Axial T1 Dual Echo*. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua metode tersebut menghasilkan penilaian yang sangat konsisten satu sama lain dalam mengukur tingkat

keparahan *Fatty liver*. Tetapi meskipun diperoleh nilai *Weighted Kappa* yang sangat tinggi, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan dengan hati-hati mengingat jumlah sampel relatif terbatas dan penilaian kualitatif dilakukan oleh satu dokter spesialis radiologi tanpa evaluasi realibilitas antar penilai (meskipun telah dilakukan dengan prosedur blinding).

SIMPULAN

Dari hasil 20 sampel pasien yang sudah dikategorikan sesuai tingkat keparahan *fatty liver*, terdapat kesepakatan yang signifikan antara hasil dari sekuen *Axial T1 Dual Echo* dengan IDEAL IQ melalui uji statistik *Kappa* Cohens. Sehingga sekuen IDEAL IQ sudah teruji kesesuaian hasilnya dan dapat dipertimbangkan untuk menjadi sekuen rutin ataupun sekuen advance untuk menilai *fatty liver* yang berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian dilakukan hanya di satu rumah sakit (*single-center*) dengan jumlah sampel 20 sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi secara luas. Kedua, penilaian kualitatif sekuen *Axial T1 Dual Echo* dilakukan oleh satu dokter spesialis radiologi sehingga realibilitas antar penilai belum dapat dievaluasi. Selain itu terdapat potensi kepentingan afiliasi vendor meskipun pada penelitian ini tidak mempengaruhi keseluruhan proses penelitian.

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan pengambilan sampel yang lebih besar dilakukan secara multicenter, menggunakan lebih dari satu dokter radiologi sebagai penilai, serta mengevaluasi kesesuaian hasil pada berbagai sistem MRI dan vendor agar hasil penelitian memiliki validitas eksternal yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Ajmera, V., & Loomba, R. (2021). Imaging biomarkers of NAFLD, NASH, and fibrosis. *Molecular Metabolism*, 50(January), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2021.101167>
- Bujang, M. A., & Baharum, N. (2017). Guidelines of the minimum sample size requirements for Cohen's Kappa. *Epidemiology Biostatistics and Public Health*, 14(2), e12267-1-e12267-10. <https://doi.org/10.2427/12267>
- Dooley, J. S., Lok, A. S. F., Garcia-Tsao, G., & Pinzani, M. (2018). Sherlock's Diseases of the Liver and Biliary System. In J. S. Dooley, A. S. F. Lok, G. Garcia-Tsao, & M. Pinzani (Eds.), *Cardiology* (Thirteenth). John Wiley & Sons Ltd.
- Guglielmo, F. F., Barr, R. G., Yokoo, T., Ferraioli, G., Lee, J. T., Dillman, J. R., Horowitz, J. M.,

- Jhaveri, K. S., Miller, F. H., Modi, R. Y., Mojtahed, A., Ohliger, M. A., Pirasteh, A., Reeder, S. B., Shanbhogue, K., Silva, A. C., Smith, E. N., Surabhi, V. R., Taouli, B., ... Venkatesh, S. K. (2023). Liver Fibrosis, Fat, and Iron Evaluation with MRI and Fibrosis and Fat Evaluation with US: A Practical Guide for Radiologists. *Radiographics*, 43(6). <https://doi.org/10.1148/rg.220181>
- Idilman, I. S., Li, J., Yin, M., & Venkatesh, S. K. (2020). MR elastography of liver: current status and future perspectives. *Abdominal Radiology*, 45(11), 3444–3462. <https://doi.org/10.1007/s00261-020-02656-7>
- Jeznach-Steinhagen, A., Ostrowska, J., Czerwonoogrodzka-Senczyna, A., & Boniecka, I. (2017). Non-alcoholic liver disease – diagnosis and treatment. *Polski Merkuriusz Lekarski*, 43(257), 216.
- Li, H. (2025). *Radiology of Hepatobiliary Diseases*. Springer Nature Singapore. <https://books.google.co.id/books?id=P6lfEQA AQBAJ>
- Mattos, Â. Z., Debes, J. D., Dhanasekaran, R., Benhammou, J. N., Arrese, M., Patrício, A. L. V., Zilio, A. C., & Mattos, A. A. (2021). Hepatocellular carcinoma in nonalcoholic fatty liver disease: A growing challenge. *World Journal of Hepatology*, 13(9), 1107–1121. <https://doi.org/10.4254/wjh.v13.i9.1107>
- Panc, K., Gundogdu, H., Sekmen, S., Basaran, M., & Gurun, E. (2025). Liver and pancreatic fat fractions as predictors of disease severity in acute pancreatitis: an MRI IDEAL-IQ study. *Abdominal Radiology*. <https://doi.org/10.1007/s00261-025-04809-y>
- Powell, E. E., Wong, V. W.-S., & Rinella, M. (2021). Non-alcoholic fatty liver disease. *The Lancet*, 397(10290), 2212–2224. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32511-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32511-3)
- Sahani, D. V., & Samir, A. E. (2016). *Abdominal Imaging E-Book: Expert Radiology Series* (2nd editio, p. 569). Elsevier Health Sciences. <https://books.google.co.id/books?id=SeUju0CAMhgC>
- Vernuccio, F., Cannella, R., Bartolotta, T. V., Galia, M., Tang, A., & Brancatelli, G. (2021). Advances in liver US, CT, and MRI: moving toward the future. *European Radiology Experimental*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s41747-021-00250-0>
- Wang, N., Cao, T., Han, F., Xie, Y., Zhong, X., Ma, S., Kwan, A., Fan, Z., Han, H., Bi, X., Nouredin, M., Deshpande, V., Christodoulou, A. G., & Li, D. (2022). Free-breathing multitasking multi-echo MRI for whole-liver water-specific T1, proton density fat fraction, and quantification. *Magnetic Resonance in Medicine*, 87(1), 120–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mrm.28970>
- Wang, Q., Ye, F., Ma, P., Chen, F., Che, Y., Zhao, X., & Yang, L. (2019). Quantitative magnetic resonance imaging evaluation of hepatic fat content with iron deposition: will it be disturbed? *Journal of International Medical Research*, 47(5), 1958–1974. <https://doi.org/10.1177/0300060519836033>
- Zhang, Q. H., Zhao, Y., Tian, S. F., Xie, L. H., Chen, L. H., Chen, A. L., Wang, N., Song, Q. W., Zhang, H. N., Xie, L. Z., Shen, Z. W., & Liu, A. L. (2021). Hepatic fat quantification of magnetic resonance imaging whole-liver segmentation for assessing the severity of nonalcoholic fatty liver disease: Comparison with a region of interest sampling method. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 11(7), 2933–2942. <https://doi.org/10.21037/qims-20-989>