

Pemeriksaan Ultrasonografi Elastografi dalam Diagnosis Penyakit Ginjal: *Literature Review*

Fransiska Adisti¹, Muhammad Ricky Ramadhian², Muhammad Maulana³, Khairun Nisa Berawi⁴

¹Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

²Bagian Radiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

³Bagian Mata, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

⁴Bagian Fisiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

Ultrasonografi atau USG merupakan salah satu alat dalam pemeriksaan medis yang bekerja dengan menggunakan prinsip gelombang ultrasound yang dipancarkan oleh transduser. Teknik baru dalam pemeriksaan USG dapat meningkatkan kemampuan diagnosis. Elastografi ginjal dapat menilai kekakuan atau keelastisan dari suatu jaringan. Prinsip dasar dari pemeriksaan ini adalah dengan memberikan tekanan pada sebuah jaringan kemudian mengukur seberapa kuat tegangan yang dihasilkan oleh tekanan ini. Penilaian kekakuan ini berfungsi dalam menilai seberapa besar fibrosis yang terjadi pada parenkim ginjal. Artikel ini merupakan sebuah *review* yang membahas tentang pemeriksaan ultrasonografi elastografi ginjal dan karakteristik yang ditemukan pada pemeriksaan tersebut. Pemeriksaan USG tidak membutuhkan persiapan khusus pada pasien dan biasanya diperiksa dengan pasien pada terlentang. Ginjal dinilai dengan secara longitudinal dan transversal dengan transduser diletakkan di pinggang. Terdapat beberapa jenis elastografi berdasarkan kuatnya tekanan yang diberikan pada bagian luar jaringan. Kebanyakan penyakit pada parenkim ginjal berkaitan dengan perubahan arsitektur jaringan yang dapat menimbulkan efek pada elastisitas jaringan tanpa harus menimbulkan perubahan pada pancaran gelombang ultrasound yang dipantulkan pada saat melakukan USG 2 dimensi. Penilaian ini bermanfaat dalam menilai fibrosis yang terdapat pada suatu jaringan, pada ginjal mengindikasikan penyakit ginjal kronik, terutama pada stage awal penyakit ginjal kronik dimana belum terdapat penurunan fungsi ginjal secara signifikan. Pengukuran elastografi dipengaruhi beberapa faktor. Faktor teknis, seperti tekanan operator, kedalaman, dan anisotropi ginjal, dapat memengaruhi hasil pemeriksaan. Elastografi ginjal menawarkan alternatif daripada biopsi ginjal dalam menilai kondisi ginjal secara lebih aman dan efektif.

Kata Kunci: Elastisitas, Ultrasonografi Elastografi, Penyakit Ginjal

Ultrasound Elastography Examination on Diagnosis of Kidney Disease: *Literature Review*

Abstract

Ultrasonography (USG) is a medical examination tool that operates on the principle of ultrasound waves emitted by a transducer. New techniques in ultrasound imaging enhance diagnostic capabilities. Renal elastography, for example, assesses tissue stiffness or elasticity. This examination is based on applying pressure to tissue and measuring the resulting tension. The assessment of tissue stiffness helps determine the extent of fibrosis in the renal parenchyma. This article reviews renal elastography ultrasound examinations and the characteristics observed in these assessments. Ultrasound examination does not require special preparation for the patient and are typically performed with the patient lying down. The kidneys are evaluated in both longitudinal and transverse planes using a transducer placed at the waist. There are several types of elastography, categorized by the strength of external pressure applied to the tissue. Most renal parenchymal diseases involve changes in tissue architecture, which can affect tissue elasticity without necessarily altering the ultrasound waves reflected during a two-dimensional ultrasound scan. This assessment is valuable in detecting fibrosis in kidney tissue and identifying chronic kidney disease, particularly in its early stages before significant functional decline occurs. Several factors can influence elastography measurements. Technical aspects, such as operator pressure, imaging depth, and renal anisotropy, may affect the results. Renal elastography provides a safer and more effective alternative to kidney biopsy for assessing kidney conditions.

Keywords: Elasticity, Ultrasound Elastography, Kidney Disease

Korespondensi: Fransiska Adisti ., alamat Jl. Abdul Muis, Kec Rajabasa, Bandar Lampung, hp 0895359638450, e-mail: fransiskaadisti@gmail.com

Pendahuluan

Ultrasonografi atau USG merupakan salah satu alat dalam pemeriksaan medis yang

bekerja dengan menggunakan prinsip gelombang *ultrasound* yang dipancarkan oleh transduser. Gelombang yang berfrekuensi tinggi

ini akan ditembakkan ke organ dan kemudian dipantulkan sehingga menghasilkan suatu gambaran. Gambaran yang dihasilkan dapat memperlihatkan kondisi suatu organ di dalam tubuh manusia. USG menjadi salah satu modalitas pemeriksaan radiologi yang digunakan dalam berbagai tujuan medis seperti tujuan diagnostik, prognostik, dll. Pemeriksaan USG lebih aman dilakukan dibandingkan dengan pemeriksaan radiologi lainnya seperti *x-ray* dan *ct-scan*. Gelombang *ultrasound* yang digunakan pada pemeriksaan USG tidak menyebabkan radiasi yang dapat merusak material yang dilewatinya maupun menyebabkan ionisasi pada sel-sel hidup.¹

Pemeriksaan USG ginjal merupakan salah satu pemeriksaan yang biasa dilakukan dalam pemeriksaan ginjal untuk diagnosis, menentukan prognosis, maupun sebagai panduan dalam sebuah prosedur intervensi pada ginjal. Pemeriksaan USG ginjal umumnya tidak membutuhkan suatu persiapan dari pasien dan biasanya dilakukan pada posisi terlentang.² USG ginjal dapat memberikan informasi terkait morfologi ginjal, komponen fisik, fungsi, dan kelainan yang mungkin terdapat pada ginjal. USG ginjal merupakan modalitas pencitraan lini pertama untuk menilai fungsi ginjal asli maupun ginjal hasil transplantasi.³

Teknik baru dalam pemeriksaan USG dapat meningkatkan kemampuan diagnosis. Elastografi ginjal dapat menilai kekakuan atau keelastisan dari suatu jaringan. Prinsip dasar dari pemeriksaan ini adalah dengan memberikan tekanan pada sebuah jaringan kemudian mengukur seberapa kuat tegangan yang dihasilkan oleh tekanan ini. Penilaian kekakuan ini berfungsi dalam menilai seberapa besar fibrosis yang terjadi pada parenkim ginjal.⁴

Artikel ini merupakan sebuah *review* yang membahas tentang pemeriksaan ultrasonografi elastografi ginjal dan karakteristik yang ditemukan pada pemeriksaan tersebut. *Review* disusun dari pembahasan beberapa sumber literatur yang didapat dari beberapa *database* seperti PubMed dan google scholar. Tahun pencarian literatur sumber diabatasi dalam rentang waktu 10 tahun terakhir.

Isi

Pemeriksaan USG tidak membutuhkan persiapan khusus pada pasien dan biasanya diperiksa dengan pasien pada terlentang. Ginjal dinilai dengan secara longitudinal dan transversal dengan transduser diletakkan di pinggang. Pemindaian secara longitudinal akan menampilkan karakteristik ginjal yang berbentuk oval seperti kacang. Ginjal kanan biasanya terlihat lebih tinggi dan lebih kecil dibandingkan ginjal kiri. Ginjal dikelilingi oleh kapsul yang dipisahkan dari lemak perirenal yang terlihat ekogenik, kapsul terlihat sebagai sebuah struktur linier tipis yang bersifat ekogenik. Ginjal terbagi menjadi parenkim dan sinus renalis. Sinus renalis tergambar hiperekoik dan tersusun atas kaliks, pelvis renalis, lemak, dan sebagian besar pembuluh darah intrarenal. Parenkim lebih hipoekoik dan homogen dan dibagi menjadi korteks di bagian luar dan piramid medula yang terlihat lebih ekogenik di bagian dalam. Antara piramid dan korteks terdapat lipatan yang disebut kolom bertin.²



Gambar 1. USG Ginjal Normal³

Panjang ginjal didefinisikan sebagai jarak maksimal dari ujung ke ujung yang diukur secara longitudinal, ukuran normal dari panjang tersebut adalah 10-12 cm. Ginjal kiri lebih panjang daripada ginjal kanan dengan rata-rata panjang sebesar 11,2 dan 10,9 cm.³ Sebuah penelitian oleh Zanoli *et.al* (2014) mendapatkan hasil bahwa terdapat korelasi positif antara panjang ginjal dengan eGFR, maka fungsi ginjal yang semakin menurun yang berkaitan dengan penurunan eGFR akan sejalan dengan penurunan panjang ginjal.⁵ Ketebalan korteks normalnya berkisar antara 7-10 mm, penurunan dari ketebalan korteks mengindikasikan suatu

penyakit ginjal yang progresif atau penurunan eGFR.³

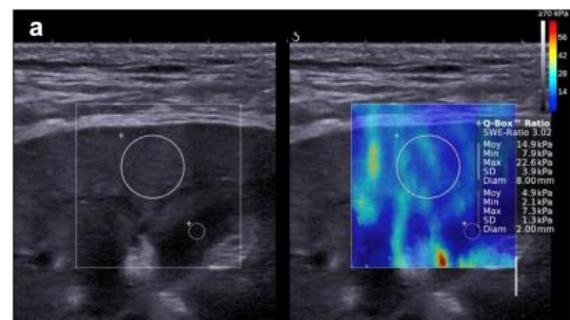
Ukuran ginjal beserta parameter lainnya yang ditemukan saat pemeriksaan USG ginjal dapat digunakan sebagai marker dalam pemeriksaan suatu penyakit ginjal. Panjang ginjal yang ≤ 8 cm dapat mengindikasikan gagal ginjal, terutama apabila penurunan ukuran ini terjadi secara bilateral. Pengecilan ukuran ginjal unilateral berkaitan dengan hipoperfusi yang terjadi karena stenosis arteri renalis. Atrofi yang terjadi pada ginjal secara spesifik mengindikasikan adanya fibrosis pada nefron. Retensi cairan, inflamasi, deposisi protein, dan nekrosis tubular akut atau neoplasma dapat menyebabkan peningkatan volume ginjal sehingga menambah ukuran ginjal.⁶

Ekogenisitas ginjal sering digunakan sebagai biomarker kesehatan ginjal. Ekogenisitas parenkim ginjal dinilai dengan membandingkan terhadap ekogenisitas jaringan sekitarnya seperti hati. Ginjal seharusnya lebih tidak ekogenik dibandingkan hati. Ekogenisitas korteks mudah dibandingkan dengan ekogenisitas medula. Korteks dan medula terkadang tidak dapat dibedakan, sehingga disebut hilangnya diferensiasi korteksmedula. Hal ini dapat diidentifikasi pada infeksi, penyakit ginjal autosomal resesif, dan trombosis vena renalis.⁷

Terdapat beberapa jenis elastografi berdasarkan kuatnya tekanan yang diberikan pada bagian luar jaringan. Jenis pertama yaitu USG Elastografi Statis atau Quasi-statis dengan memberikan tekanan pada bagian luar organ, hasil dari pemeriksaan ini akan dibandingkan dengan jaringan yang sehat. Selanjutnya elastografi transien yang menghasilkan gambaran satu atau dua dimensi dari kekakuan jaringan. Jenis ini melibatkan vibrasi ke kulit. Teknik selanjutnya yaitu ARFI (*Acoustic Radiation Force Impulse Imaging*) yang memberikan gelombang *ultrasound* terfokus pada satu titik. Teknik terakhir yaitu SWEI (*Shear Wave Elasticity Imaging*) yang memiliki metode yang mirip dengan ARFI. Gelombang akan membentuk sebuah gaya yang menekan jaringan kemudian disebarkan secara lateral.⁴

Kebanyakan penyakit pada parenkim ginjal berkaitan dengan perubahan arsitektur jaringan yang dapat menimbulkan efek pada

elastisitas jaringan tanpa harus menimbulkan perubahan pada pancaran gelombang *ultrasound* yang dipantulkan pada saat melakukan USG 2 dimensi. Penilaian ini bermanfaat dalam menilai fibrosis yang terdapat pada suatu jaringan, pada ginjal mengindikasikan penyakit ginjal kronik, terutama pada *stage* awal penyakit ginjal kronik dimana belum terdapat penurunan fungsi ginjal secara signifikan sehingga menimbulkan *false negative* dalam monitoring penyakit ginjal.⁸ Penggunaan elastografi statis seperti yang digunakan pada organ lain tidak memiliki kegunaan dalam eksplorasi ginjal karena elastografi tersebut hanya menilai organ yang terletak superfisial, sedangkan untuk menilai ginjal alami yang terletak di bagian dalam akan menyebabkan eksplorasi menjadi sulit. Teknik ini hanya optimal digunakan untuk menilai ginjal hasil transplantasi yang diletakkan lebih superfisial. Teknik elastografi *shear wave-based* merupakan teknik pemeriksaan yang lebih tepat untuk menilai kekakuan ginjal.⁴



Gambar 2. USG SWEI Elastografi Ginjal Normal⁸

Gambar kanan menunjukkan elastisitas ginjal dalam bentuk kotak berwarna pada parenkim anterior ginjal, sedangkan gambar kiri menunjukkan hasil USG 2 dimensi biasa. Jaringan lunak diberi kode warna biru, sedangkan jaringan yang kaku atau kehilangan elastisitasnya diberi kode warna merah. Pada pasien penyakit ginjal kronis, prediktor terkait *outcome* penyakit yang paling konsisten adalah dengan mengukur dari luas fibrosis interstitial yang terjadi di parenkim ginjal. Kekakuan ginjal meningkat karena perubahan dari komposisi jaringan dan akumulasi matriks ekstraselular di glomerulus, dinding pembuluh, dan jaringan interstitial ginjal. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa terdapat korelasi

antara kekakuan ginjal dan fibrosis dengan fungsi ginjal. Penelitian lainnya mengungkapkan bahwa terdapat hubungan antara peningkatan rasio protein dan kreatinin urin dengan peningkatan elastisitas parenkim ginjal. Aplikasi elastografi lainnya digunakan dalam evaluasi refluks nefropati dan penilaian kekakuan tumor ginjal. Pengambilan sampel secara biopsi untuk dianalisis secara histologi memiliki risiko kesalahan sewaktu proses *sampling* karena parenkim ginjal yang dibiopsi dan dinilai hanya dalam jumlah kecil. Pemeriksaan dengan elastografi ginjal dapat menjadi sebuah alternatif pemeriksaan.⁸

Beberapa faktor mempengaruhi hasil pemeriksaan elastografi ginjal. Peredaran darah ginjal menjadi faktor besar yang mempengaruhi nilai elastisitas, elastisitas ginjal yang rendah dapat disebabkan oleh peningkatan jumlah kapiler pada mikrovaskularisasi ginjal. Penelitian terdahulu menemukan bahwa elastisitas ginjal ditemukan menurun seiring bertambahnya usia, namun tidak terdapat hubungan yang signifikan antara dua variabel tersebut. Elastisitas ginjal juga tidak dipengaruhi oleh dimensi ginjal, jenis kelamin, dan indeks massa tubuh.⁹ Hasil elastografi ginjal juga dipengaruhi oleh variasi dari alat yang digunakan, faktor teknis, kedalaman dan kekuatan penekanan yang digunakan pada saat pemeriksaan. Faktor kedalaman ini seharusnya mempengaruhi variasi hasil elastografi saat dilakukan pemeriksaan pada pasien dengan obesitas. Pengukuran kekakuan juga akan berubah di bawah kondisi tekanan yang tinggi yang diberikan oleh operator. Tekanan yang tinggi akan menyebabkan bias pada hasil pemeriksaan, oleh karena itu operator harus melakukan pemeriksaan dengan menekan jaringan superfisial sesedikit mungkin.¹⁰

Faktor anatomi seperti keadaan anisotropi pada ginjal juga menyebabkan perubahan hasil elastografi. Glomerulus berbentuk bulat sedangkan tubulus berkelok-kelok. Keadaan ini disebut anisotropi dan menyebabkan hasil yang signifikan terhadap kecepatan penyaluran gelombang yang mengganggu pengukuran kekakuan. Ketika gelombang elastografi merambat secara sejajar dengan struktur tersebut akan menyebabkan pergerakan gelombang yang lebih lambat,

sedangkan jika gelombang elastografi merambat secara tegak lurus struktur tersebut maka akan menyebabkan perambatan gelombang yang lebih cepat. Hal ini dapat menyebabkan hasil pemeriksaan kekakuan yang berbeda antara di kutub dan di bagian badan ginjal.¹⁰

Pemeriksaan elastografi ginjal digunakan untuk mengevaluasi regio berbeda dari berbagai perbedaan penyakit ginjal yang dapat mempengaruhi ginjal. Evaluasi ini biasanya dilengkapi oleh evaluasi pengukuran morfologi ginjal seperti panjang dan ketebalan korteks yang dapat dinilai dengan USG *B-mode* dan *doppler*.¹¹

Ringkasan

Ultrasonografi (USG) adalah alat diagnostik medis yang menggunakan gelombang ultrasound untuk menghasilkan gambaran organ dalam tubuh. Dibandingkan pemeriksaan radiologi lain seperti X-ray dan CT scan, USG lebih aman karena tidak memancarkan radiasi berbahaya. Salah satu aplikasinya adalah USG ginjal, yang digunakan untuk diagnosis, prognosis, dan panduan prosedur intervensi tanpa memerlukan persiapan khusus. Teknik baru seperti elastografi ginjal memungkinkan penilaian kekakuan jaringan untuk mendeteksi fibrosis pada parenkim ginjal. Pemeriksaan ini berguna dalam diagnosis dini penyakit ginjal kronis sebelum terjadi penurunan fungsi yang signifikan.

Beberapa metode elastografi meliputi elastografi statis, transien, ARFI, dan SWEI, dengan SWEI lebih efektif untuk menilai ginjal asli karena lokasinya yang lebih dalam. USG ginjal juga dapat mengukur panjang dan ketebalan korteks ginjal, yang berhubungan dengan fungsi ginjal. Ekogenisitas ginjal dibandingkan dengan hati digunakan sebagai biomarker kesehatan ginjal, di mana peningkatan ekogenisitas dapat menunjukkan fibrosis atau penyakit ginjal kronis. Faktor-faktor seperti sirkulasi darah, tekanan operator, kedalaman pengukuran, dan anisotropi ginjal dapat mempengaruhi hasil elastografi. Evaluasi elastografi sering dikombinasikan dengan USG *B-mode* dan *Doppler* untuk analisis morfologi ginjal yang lebih akurat. Dengan kelebihannya

sebagai metode non-invasif, elastografi ginjal menjadi alternatif potensial terhadap biopsi dalam menilai fibrosis ginjal dan kondisi penyakit ginjal lainnya.

Simpulan

USG ginjal adalah metode pencitraan non-invasif yang menggunakan gelombang ultrasound untuk menilai struktur dan fungsi ginjal. Pemeriksaan ini tidak memerlukan persiapan khusus dan memberikan informasi tentang morfologi, ekogenisitas, dan parameter seperti panjang ginjal serta ketebalan korteks, yang dapat digunakan sebagai indikator penyakit ginjal. Teknik elastografi USG, seperti SWEI, menilai kekakuan jaringan ginjal, membantu mendeteksi fibrosis dan penyakit ginjal kronik, terutama pada tahap awal. Pengukuran elastografi dipengaruhi beberapa faktor. Faktor teknis, seperti tekanan operator, kedalaman, dan anisotropi ginjal, dapat memengaruhi hasil pemeriksaan. Elastografi ginjal menawarkan alternatif daripada biopsi ginjal dalam menilai kondisi ginjal secara lebih aman dan efektif.

Daftar Pustaka

1. Mappaware NA, Syahril E, Latief S, Irsandi F. Ultrasonografi Obstetri Dalam Prespektif Medis, Kaidah Bioetika Dan Islam. *Wal'afiat Hospital Journal : Jurnal Nakes Rumah Sakit*. Published online 2020.
2. Hansen KL, Nielsen MB, Ewertsen C. Ultrasonography of the Kidney: A Pictorial Review. *Diagnostics (Basel)*. 2015;6(1). doi:10.3390/diagnostics6010002
3. Singla RK, Kadatz M, Rohling R, Nguan C. Kidney Ultrasound for Nephrologists: A Review. *Kidney Med*. 2022;4(6):100464. doi:10.1016/j.xkme.2022.100464
4. Peride I, Rădulescu D, Niculae A, Ene V, Bratu OG, Checheriță IA. Value of ultrasound elastography in the diagnosis of native kidney fibrosis. *Med Ultrason*. 2016;18(3):362. doi:10.11152/mu.2013.2066.183.per
5. Zanolli L, Romano G, Romano M, et al. Renal Function and Ultrasound Imaging in Elderly Subjects. *The Scientific World Journal*. 2014;2014:1-7. doi:10.1155/2014/830649
6. Narula J, Chandrashekar Y, Braunwald E. Time to Add a Fifth Pillar to Bedside Physical Examination. *JAMA Cardiol*. 2018;3(4):346. doi:10.1001/jamacardio.2018.0001
7. Gulati M, Cheng J, Loo JT, Skalski M, Malhi H, Duddalwar V. Pictorial review: Renal ultrasound. *Clin Imaging*. 2018;51:133-154. doi:10.1016/j.clinimag.2018.02.012
8. Correas JM, Anglicheau D, Joly D, Gennisson JL, Tanter M, Hélénon O. Ultrasound-based imaging methods of the kidney—recent developments. *Kidney Int*. 2016;90(6):1199-1210. doi:10.1016/j.kint.2016.06.042
9. Singh H, Panta OB, Khanal U, Ghimire RK. Renal Cortical Elastography: Normal Values and Variations. *J Med Ultrasound*. 2017;25(4):215-220. doi:10.1016/j.jmu.2017.04.003
10. Leong SS, Jalalonmuhali M, Md Shah MN, et al. Ultrasound shear wave elastography for the evaluation of renal pathological changes in adult patients. *Br J Radiol*. 2023;96(1144). doi:10.1259/bjr.20220288
11. Urban MW, Rule AD, Atwell TD, Chen S. Novel Uses of Ultrasound to Assess Kidney Mechanical Properties. *Kidney360*. 2021;2(9):1531-1539. doi:10.34067/KID.0002942021