



Masa Depan *Renal Resistive Index (RRI)* sebagai Pegangan Indeks Pemantauan Fungsi Ginjal Perioperatif

Marilaeta Cindryani

Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif,
RSUP Prof. IGNG Ngoerah - Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana,
Denpasar, Indonesia

DOI: 10.55497/majanestrcicar.v43i2.446

Dalam praktik kedokteran perioperatif untuk pasien berisiko tinggi, stabilitas hemodinamik pasien merupakan prioritas utama, khususnya pada prosedur bedah mayor dengan risiko tinggi terjadinya disfungsi organ terutama ginjal. *Acute Kidney Injury* (AKI) atau gagal ginjal akut pascaoperasi masih menjadi komplikasi signifikan yang berdampak pada durasi rawat, biaya, dan mortalitas. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap gangguan perfusi ginjal sangatlah krusial. Salah satu pendekatan terkini yang semakin banyak diaplikasikan adalah pengukuran *Renal Resistive Index* (RRI) menggunakan ultrasonografi Doppler sebagai alat pemantauan hemodinamik ginjal yang noninvasif dan dapat dilakukan secara bedside terutama pada pasien dengan risiko tinggi seperti sepsis, syok, atau penggunaan vasopresor.

Indeks ini adalah parameter numerik yang dihitung dari kecepatan aliran darah arteri intrarenal dengan rumus:

$$RRI = (PSV - EDV) / PSV$$

Peak systolic velocity (PSV) dan *end-diastolic velocity* (EDV) diukur dari arteri interlobar ginjal menggunakan Doppler. Nilai normalnya berkisar antara 0,56–0,70, dan peningkatan nilai RRI (umumnya dianggap patologis jika $\geq 0,70$) mengindikasikan adanya resistensi vaskular intrarenal yang meningkat.^{1,2}

Akhir-akhir ini RRI sedang berkembang sebagai salah satu panduan fungsional awal dalam mendeteksi gagal ginjal akut. Berbeda dengan kreatinin serum yang bersifat lambat dan

dipengaruhi oleh banyak variabel nonrenal, RRI menawarkan keunggulan dalam deteksi disfungsi hemodinamik ginjal secara cepat bahkan sebelum perubahan kreatinin terjadi. Pada pasien bedah vaskular, jantung, transplantasi, atau bedah abdomen mayor, ginjal sangat rentan terhadap perubahan perfusi akibat hipotensi, kehilangan darah, anestesi, dan manipulasi hemodinamik. RRI memberikan indikasi langsung terhadap dinamika perfusi ginjal, menjembatani keterbatasan biomarker konvensional seperti kreatinin atau urin output yang lambat berubah dan tidak sensitif terhadap perubahan akut.^{3,4}

Beberapa manfaat utama RRI dalam pemantauan perioperatif antara lain deteksi dini terhadap gagal ginjal akut yang sifatnya subklinis (AKI subklinis). Studi menunjukkan bahwa peningkatan RRI terjadi lebih awal dibandingkan peningkatan kreatinin serum. Hal ini memungkinkan intervensi hemodinamik atau farmakologis lebih dini sebelum kerusakan ginjal menjadi *irreversible*.^{5,6} Manfaat lainnya adalah monitoring respon cairan dan vasopresor. Dengan mengukur RRI sebelum dan sesudah bolus cairan atau titrasi vasopresor, dapat diketahui ada atau tidaknya perbaikan perfusi ginjal. Penurunan RRI menunjukkan peningkatan perfusi renal yang adekuat, sedangkan nilai yang tetap tinggi menunjukkan resistensi vaskular yang persisten.⁷ Selain itu, RRI juga bermanfaat untuk prediksi luaran (*outcome*) pascaoperasi. Beberapa literatur menunjukkan bahwa nilai RRI yang tinggi di periode intraoperatif atau segera pascaoperasi berkorelasi dengan meningkatnya

kejadian AKI, kebutuhan terapi sulih ginjal, dan waktu rawat di ruang intensif yang lebih lama.^{8,9} Meta-analisis oleh Bossard *et al.* menunjukkan bahwa RRI $\geq 0,72$ dalam 12–24 jam pascaoperasi jantung berkorelasi kuat dengan terjadinya AKI. Dalam studi lain oleh Schnell *et al.*, pasien dengan peningkatan RRI setelah operasi aorta abdominal terbukti memiliki risiko lebih tinggi untuk gagal ginjal akut.^{8,10}

Pada penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al.* pada tahun 2022 yang mengupayakan pemeriksaan indeks ini pada 72 subjek yang menjalani teknik hipotensi terkendali pada operasi tulang belakang, ternyata didapatkan bahwa 32 pasien mengalami AKI pascaoperasi dari total 72 pasien (44,4%) dengan derajat 1 sesuai kriteria *Acute Kidney Injury Network* (AKIN) atau stadium risk sesuai kriteria *Risk, Injury, Failure, Loss, ESRD* (RIFLE), yang pada akhirnya semuanya *reversible* pada 24 jam pertama pascaoperasi. Hasil analisis korelasi pada penelitian ini menunjukkan korelasi negatif yang signifikan secara statistik antara rerata MAP dengan nilai RRI. Terdapat korelasi antara rerata MAP dan MAP terendah dengan nilai RRI dengan hasil koefisien korelasi pada studi ini berturut-turut -0,625 dan -0,633 ($p < 0,001$) yang menunjukkan adanya korelasi negatif kuat (*high correlation*) antara rerata MAP dengan nilai RRI di mana semakin rendah rerata MAP maka semakin tinggi nilai RRI, dan demikian pula sebaliknya. Berdasarkan hasil studi ini peneliti menyimpulkan bahwa MAP juga dapat dipakai pada populasi dewasa sebagai prediktor adanya peningkatan nilai RRI saat dilakukan operasi tulang belakang.¹¹

Suatu pilot study yang dikerjakan oleh Peillex *et al.* tahun 2018-2019 dalam ultrasonografi Doppler renal bedside pasca *Transcatheter Aortic Valve Replacement* (TAVR) ternyata menemukan bahwa RRI preoperatif yang lebih dari 0,7 sangat terkait dengan risiko AKI pasca tindakan yang mirip dengan hasil yang didapat oleh Putra *et al.* Namun mereka menegaskan bahwa pemeriksaan ini tidak dapat digunakan untuk prediksi AKI yang sifatnya lebih persisten dan tidak meningkatkan prediksi klinis secara signifikan.¹²

Meskipun RRI mencerminkan resistensi vaskular renal, nilai ini ternyata tidak bergantung

pada faktor ginjal semata dan hal ini yang patut dicermati dalam mempertimbangkan penggunaan RRI sebagai pegangan indeks perioperatif di masa datang.

Beberapa faktor sistemik yang dapat memengaruhi RRI, antara lain usia. Nilai RRI meningkat secara fisiologis seiring bertambahnya usia. Pada studi kohort observasional yang dilakukan oleh Provenzano *et al.* ternyata ditemukan bahwa RRI dipengaruhi oleh faktor sistemik berupa usia, tekanan darah, dan arteriosklerosis sehingga dianggap kurang spesifik untuk ginjal.¹³ Faktor lain adalah tekanan darah sistemik. Studi kohort prospektif oleh Boddi *et al.* mendapati bahwa kelemahan studi yang ditemukan ternyata RRI dipengaruhi faktor nonrenal seperti tekanan nadi, komplians vaskuler yang akan membatasi dalam interpretasi klinis secara langsung.¹⁴ Zhi *et al.* juga mendapati bahwa dari studi ekografi renal yang dilakukan secara prospektif observasional ternyata diperoleh variabilitas pengukuran dari pengaruh hemodinamik sistemik yang dapat mengacaukan interpretasi RRI.¹⁵ Selain itu, penggunaan vasopresor (misalnya norepinefrin meningkatkan vasokonstriksi intrarenal), peningkatan tekanan intraabdominal, serta takikardia dan aritmia yang mengubah pola aliran Doppler juga merupakan faktor yang dapat memengaruhi RRI. Studi dari Mulier *et al.* yang dilakukan secara kohort prospektif observasional ternyata mendapatkan bahwa RRI dipengaruhi oleh gangguan irama jantung dan kondisi hemodinamik pasien kritis.¹⁶

Berdasarkan pertimbangan tersebut, interpretasi RRI memerlukan keterampilan teknis dan pemahaman fisiologi hemodinamik dan penyesuaian terhadap konteks klinis keseluruhan yang paripurna. Variabilitas antaroperator, sudut insonasi Doppler, dan ketepatan lokasi pengukuran bisa memengaruhi akurasi hasil. Oleh karena itu, pelatihan kefasihan untuk operator dan standarisasi protokol sangat diperlukan untuk memastikan validitas dan reproduktibilitas RRI.

RRI menawarkan pendekatan revolusioner dalam pemantauan hemodinamik ginjal secara *real-time* dan *bedside* yang sangat membantu untuk personalisasi intervensi dalam mengarahkan terapi cairan, penyesuaian

vasopresor, dan strategi proteksi ginjal di dunia anestesi dan kedokteran perioperatif modern namun pemakaiannya diperlukan kefasihan serta pemahaman aplikasi fisiologi klinis yang mumpuni.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tublin ME, Bude RO, Platt JF. The resistive index in renal Doppler sonography: where do we stand? *AJR Am J Roentgenol.* 2003;180(4):885–892. doi:10.2214/ajr.180.4.1800885.
2. Lerolle N, Guérot E, Faisy C, Bornstain C, Diehl JL, Fagon JY. Renal failure in septic shock: predictive value of Doppler-based renal resistive index. *Intensive Care Med.* 2006;32(10):1553–1559. doi:10.1007/s00134-006-0360-x.
3. Darmon M, Schortgen F, Vargas F, Liazydi A, Schlemmer B, Brun-Buisson C, et al. Diagnostic accuracy of Doppler renal resistive index for reversibility of acute kidney injury in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2011 Jan;37(1):68-76. doi: 10.1007/s00134-010-2050-y.
4. Heine GH, Reichart B, Ulrich C, Köhler H, Girndt M. Do ultrasound renal resistance indices reflect systemic rather than renal vascular damage in chronic kidney disease? *Nephrol Dial Transplant.* 2007 Jan;22(1):163-70. doi: 10.1093/ndt/gfl484.
5. Schnell D, Deruddre S, Harrois A, Pottecher J, Cosson C, Adoui N, et al. Renal resistive index better predicts the occurrence of acute kidney injury than cystatin C. *Shock.* 2012 Dec;38(6):592-7. doi: 10.1097/SHK.0b013e318271a39c.
6. Ninet S, Schnell D, Dewitte A, Zeni F, Meziani F, Darmon M. Doppler-based renal resistive index for prediction of renal dysfunction reversibility: A systematic review and meta-analysis. *J Crit Care.* 2015 Jun;30(3):629-35. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.02.008.
7. Ikee R, Kobayashi S, Hemmi N, Imakiire T, Kikuchi Y, Moriya H, et al. Correlation between the resistive index by Doppler ultrasound and kidney function and histology. *Am J Kidney Dis.* 2005 Oct;46(4):603-9. doi: 10.1053/ajkd.2005.06.006.
8. Bossard G, Bourgoin P, Corbeau JJ, Huntzinger J, Beydon L. Early detection of postoperative acute kidney injury by Doppler renal resistive index in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth.* 2011 Dec;107(6):891-8. doi: 10.1093/bja/aer289.
9. Yoshitani K, Kawaguchi M, Miura N, et al. Renal resistive index and outcome in patients undergoing abdominal aortic aneurysm surgery. *Br J Anaesth.* 2005;94(5):592–5.
10. Schnell D, Deruddre S, Harrois A, Pottecher J, Cosson C, et al. Renal resistive index better predicts the occurrence of acute kidney injury than cystatin C. *Shock.* 2012 Dec;38(6):592-7. doi: 10.1097/SHK.0b013e318271a39c.
11. Putra IMP, Sidemen IS, Kurniyanta IP, Mahadewa TGB, Senapathi TGA. Korelasi Mean Arterial Pressure terhadap Renal Resistive Index, Serum Kreatinin dan Produksi Urin pada Pasien Operasi Tulang Belakang yang Dilakukan Pembiusan Umum dengan Teknik Hipotensi Terkendali di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Denpasar. *Majalah Anesthesia & Critical Care.* 2025;43(2).
12. Peillex M, Marchandot B, Bayer S, Prinz E, Matsushita K, Carmona A, et al. Bedside Renal Doppler Ultrasonography and Acute Kidney Injury after TAVR. *J Clin Med.* 2020 Mar 25;9(4):905. doi: 10.3390/jcm9040905.
13. Provenzano M, Rivoli L, Garofalo C, Faga T, Pelagi E, Perticone M, et al. Renal resistive index in chronic kidney disease patients: Possible determinants and risk profile. *PLoS One.* 2020 Apr 1;15(4):e0230020. doi: 10.1371/journal.pone.0230020.
14. Boddi M, Bonizzoli M, Chiostri M, Begliomini D, Molinaro A, Tadini Buoninsegni L, et al. Renal Resistive Index and mortality in critical patients with acute kidney injury. *Eur J Clin Invest.* 2016 Mar;46(3):242-51. doi: 10.1111/eci.12590.
15. Zhi HJ, Li Y, Wang B, Cui XY, Zhang M, Hu ZJ. Renal echography for predicting acute kidney injury in critically ill patients: a prospective observational study. *Ren Fail.* 2020 Nov;42(1):263-269. doi: 10.1080/0886022X.2020.1737544.
16. Haitsma Mulier JLG, Rozemeijer S, Röttgering JG, Spoelstra-de Man AME, Elbers PWG, Tuinman PR, et al. Renal resistive index

as an early predictor and discriminator of acute kidney injury in critically ill patients; A prospective observational cohort study. Burdmann EA, editor. PLoS One. 2018 Jun 11;13(6):e0197967. doi: 10.1371/journal.pone.0197967.