



## Pengaruh Keseimbangan Cairan terhadap *Outcome* Pasien Gagal Ginjal Akut di ICU: Sebuah Tinjauan Sistematis

Ina Dhea Margaretta Ginting<sup>1\*</sup>, Agustina Br Haloho<sup>2</sup>

1. Program Studi Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia.
2. Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia.

\*penulis korespondensi

DOI : 10.55497/majanestcricar.v44i.481

### ABSTRAK

**Pendahuluan:** Keseimbangan cairan merupakan komponen penting dalam penatalaksanaan pasien kritis di unit perawatan intensif (ICU). Gagal ginjal akut sering terjadi pada pasien ICU dan berhubungan dengan prognosis buruk, peningkatan mortalitas, serta rendahnya pemulihan fungsi ginjal. Salah satu faktor yang memengaruhi luaran adalah manajemen keseimbangan cairan, terutama akumulasi cairan positif setelah fase resusitasi awal.

**Metode:** Tinjauan sistematik ini bertujuan menilai pengaruh keseimbangan cairan terhadap luaran pasien gagal ginjal akut di ICU berdasarkan pedoman PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan melalui PubMed dan ScienceDirect menggunakan kata kunci relevan. Dari 803 artikel yang teridentifikasi, tujuh studi dalam lima tahun terakhir yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dianalisis.

**Hasil:** Dari tujuh studi yang dianalisis, seluruhnya menunjukkan bahwa keseimbangan cairan kumulatif positif setelah diagnosis gagal ginjal akut menjadi faktor prediktor utama terhadap luaran buruk. Penumpukan cairan disebabkan oleh pemberian cairan maintenance dan nutrisi berlebih, rendahnya produksi urin, serta kurangnya penggunaan diuretik. Pasien dengan keseimbangan cairan tinggi persisten memiliki risiko kematian 28 hari dua kali lebih besar dan pemulihan ginjal yang lebih lambat dibanding kelompok dengan keseimbangan cairan rendah. Sebaliknya, penurunan cepat keseimbangan cairan berkorelasi dengan penurunan mortalitas dan perbaikan fungsi ginjal yang lebih cepat.

**Simpulan:** Akumulasi cairan positif pada pasien gagal ginjal akut di ICU terbukti meningkatkan mortalitas dan memperlambat pemulihan ginjal. Strategi deresusitasi dan pemantauan ketat keseimbangan cairan perlu menjadi prioritas utama untuk memperbaiki prognosis pasien gagal ginjal akut.

**Kata Kunci:** Gagal ginjal akut, keseimbangan cairan, mortalitas, unit perawatan intensif



## ***The Effect of Fluid Balance on The Outcomes of Acute Kidney Injury Patient Care in The Intensive Care Unit: A Systematic Review***

***Ina Dhea Margaretta Ginting<sup>1\*</sup>, Agustina Br Haloho<sup>2</sup>***

1. *Medical Profession Study Program, Faculty of Medicine, Sriwijaya University, Palembang, Indonesia*
2. *Department of Anesthesiology and Intensive Care, Faculty of Medicine, Sriwijaya University, Palembang, Indonesia*

*\*corresponding author*

DOI : 10.55497/majanestricar.v44i.481

### **ABSTRACT**

**Introduction:** Fluid balance is a crucial component in the management of critically ill patients in the intensive care unit (ICU). Acute kidney injury (AKI) frequently occurs in ICU patients and is associated with poor prognosis, increased mortality, and low rates of renal recovery. One important factor influencing outcomes is fluid balance management, particularly positive fluid accumulation following the initial resuscitation phase.

**Methods:** This systematic review aimed to evaluate the impact of fluid balance on outcomes in ICU patients with acute kidney injury based on the PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were conducted in PubMed and ScienceDirect using relevant keywords. Of 803 identified articles, seven studies published within the last five years that met the inclusion and exclusion criteria were analyzed.

**Results:** All seven included studies demonstrated that cumulative positive fluid balance after the diagnosis of acute kidney injury was a major predictor of poor outcomes. Fluid accumulation was attributed to excessive maintenance fluids and nutritional support, reduced urine output, and limited use of diuretics. Patients with persistently high fluid balance had a twofold higher risk of 28-day mortality and slower renal recovery compared to those with lower fluid balance. Conversely, rapid reduction of fluid balance was associated with decreased mortality and faster improvement in renal function.

**Conclusion:** Positive fluid accumulation in ICU patients with acute kidney injury increases mortality and delays renal recovery. Therefore, deresuscitation strategies and close monitoring of fluid balance should be prioritized to improve patient prognosis. with 1000 mg paracetamol.

**Keywords:** Acute kidney injury, fluid balance, intensive care unit, mortality

## PENDAHULUAN

*Acute Kidney Injury* (AKI) merupakan kondisi hilangnya fungsi ginjal secara mendadak dalam kurun waktu kurang dari tujuh hari, yang ditandai dengan peningkatan kadar kreatinin serum basal dan/atau penurunan produksi urin. AKI merupakan salah satu komplikasi paling sering ditemukan pada pasien kritis di *Intensive Care Unit* (ICU) dan berhubungan erat dengan peningkatan morbiditas serta mortalitas. Diperkirakan sekitar 20–30% pasien yang dirawat di ICU mengalami AKI, dan keberhasilan penanganannya sangat bergantung pada pengelolaan keseimbangan cairan yang tepat. Selain faktor hemodinamik dan infeksi, keseimbangan cairan telah diidentifikasi sebagai determinan penting yang memengaruhi luaran klinis pasien dengan AKI.<sup>1</sup>

Keseimbangan cairan (*fluid balance*) memiliki peran sentral dalam tata laksana pasien AKI karena baik kelebihan maupun kekurangan cairan dapat mengganggu perfusi ginjal dan meningkatkan risiko terjadinya gagal organ multipel. Resusitasi cairan bertujuan untuk mempertahankan perfusi organ vital serta memperbaiki hemodinamik, terutama pada fase awal syok atau hipovolemia. Namun, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa meskipun pemberian cairan pada fase awal sangat krusial, kelebihan cairan setelah stabilisasi hemodinamik justru berkaitan dengan *outcome* yang buruk, seperti meningkatnya morbiditas, mortalitas, serta lama perawatan di ICU dan rumah sakit. Berbagai studi observasional melaporkan bahwa akumulasi cairan positif berhubungan dengan peningkatan risiko kematian pada pasien ICU dengan AKI, terutama akibat peningkatan tekanan vena ginjal dan edema interstisial yang menghambat perfusi renal.

Temuan dari beberapa penelitian mendukung hubungan tersebut. Hayashi *et al.*<sup>2</sup> melaporkan bahwa fluid overload lebih dari 10% dari berat badan awal pasien berkorelasi dengan peningkatan mortalitas dan penurunan jumlah ventilator-free days. Sementara itu, Wang *et al.*<sup>3</sup> menemukan bahwa *positive fluid balance* pada minggu pertama perawatan merupakan prediktor awal mortalitas jangka panjang pada pasien AKI. Dengan demikian, strategi manajemen cairan yang optimal menjadi kunci

dalam memperbaiki *outcome* pasien AKI.

Meskipun keseimbangan cairan berperan penting dalam perawatan pasien kritis, strategi terbaik untuk penerapannya di ICU masih belum sepenuhnya dipastikan. Dengan meningkatnya bukti mengenai peran *fluid balance* dalam *outcome* klinis, kajian komprehensif sangat dibutuhkan untuk memahami hubungan antara keseimbangan cairan, fungsi ginjal, dan luaran klinis pasien dengan AKI di ICU. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengeksplorasi sejauh mana pengaruh keseimbangan cairan terhadap *outcome* pasien AKI (mortalitas, kebutuhan RRT, pemulihan ginjal dan *ventilator-free days*) yang dirawat di ICU berdasarkan data empiris terbaru.

## METODE

### *Penelusuran Studi*

Tinjauan sistematis ini menggunakan data sekunder yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis temuan penelitian mengenai pengaruh keseimbangan cairan terhadap *outcome* pasien AKI di ICU. Penyusunan telaah ilmiah dilakukan menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Protocols* (PRISMA-P) dan penelusuran literatur. Jurnal yang digunakan dalam tinjauan sistematis ini dikumpulkan dari hasil pencarian literatur pada pusat publikasi berbasis data elektronik PubMed dan ScienceDirect dengan kata kunci: (“Acute Kidney Injury”) AND (“Fluid Balance” OR “Fluid Management” OR “Fluid Overload”) AND (“Intensive Care Unit” OR “ICU”) AND (“Clinical Outcome” OR “Mortality” OR “Prognosis”). Boolean operator seperti “AND” dan “OR” digunakan untuk mempersempit hasil pencarian.

Pencarian jurnal dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, kemudian dilanjutkan dengan penelusuran studi relevan melalui daftar pustaka dari artikel yang teridentifikasi. Kriteria inklusi mencakup studi *original research*, *literature review*, atau *cross-sectional* yang menilai pengaruh keseimbangan cairan terhadap *outcome* pasien AKI di ICU. Populasi yang diteliti adalah pasien dewasa (≥18 tahun) yang dirawat di ICU dengan AKI. Artikel yang disertakan dipublikasikan pada tahun 2020–2025, berbahasa Inggris, serta melaporkan

*outcome* berupa mortalitas, kebutuhan RRT, pemulihan ginjal, dan *ventilator-free days*.

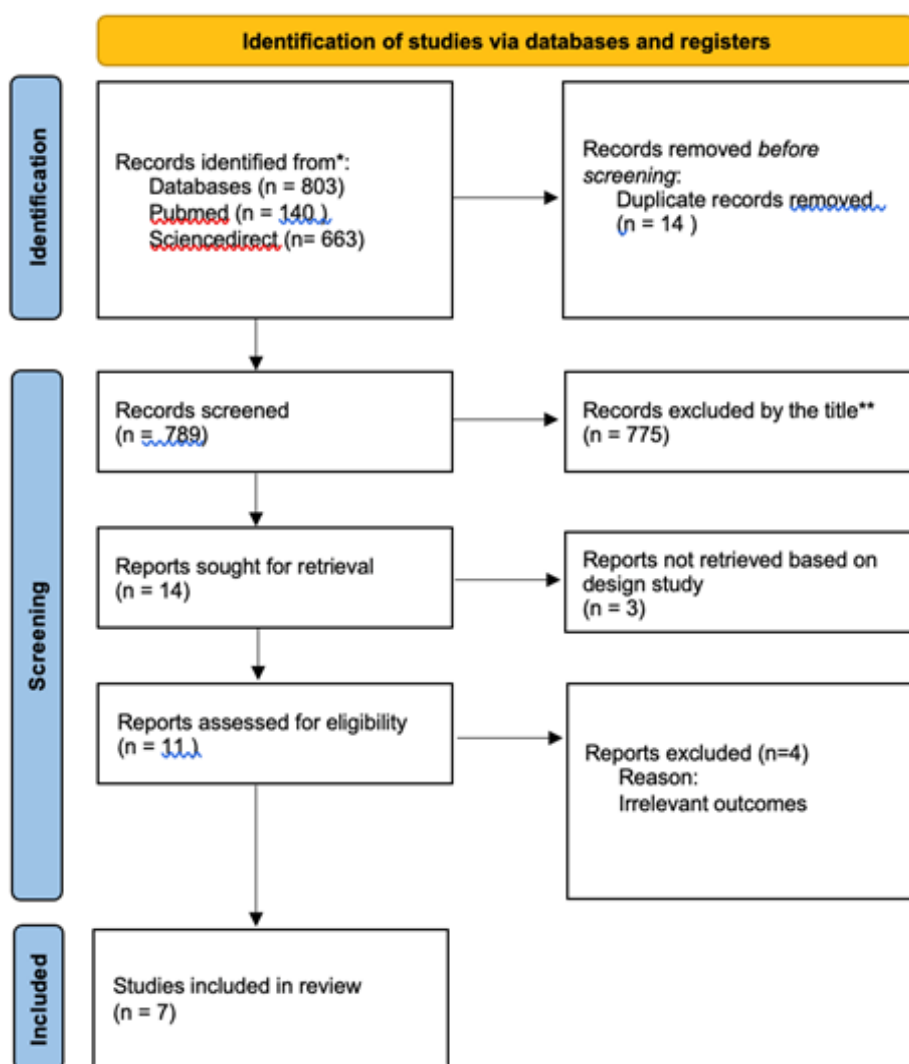
Kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak tersedia dalam bentuk *full-text*, studi pada populasi khusus non-ICU seperti pasien rawat jalan atau bangsal biasa, serta artikel berupa editorial, komentar, opini, atau abstrak konferensi tanpa data lengkap.

Data yang diekstraksi mencakup nama penulis dan tahun publikasi, judul artikel, karakteristik

sampel, intervensi, *outcome*, serta hasil penelitian.

### Ekstraksi Data

Dari total artikel yang diidentifikasi pada tahap awal, sebanyak 7 jurnal dipilih untuk dianalisis lebih lanjut setelah melalui proses penyaringan ketat. Secara ringkas, metode yang digunakan disajikan dalam algoritma PRISMA *flowchart* sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan PRISMA

### Penilaian Risiko Bias

Penilaian risiko bias dalam setiap jurnal yang termasuk dalam tinjauan ini dilakukan secara independent menggunakan sebuah alat yang disesuaikan dengan jenis desain studi. Jenis

desain studi yang dibahas adalah studi kohort/observasional menggunakan alat *Newcastle-Ottawa Scale* (NOS) dan artikel naratif menggunakan alat AMSTAR 2.

dihitung untuk mendapatkan perbedaan rerata

**Tabel 1.** Analisis risiko bias studi yang menggunakan *Newcastle-Ottawa Scale (NOS)*

Penulis (Tahun)	Desain Studi	Seleksi	Komparabilitas	Outcome	Skor NOS	Risiko Bias
Hofer <i>et al.</i> (2024)	K o h o r t retrospektif	Baik	Baik	Baik	8/9	Rendah
White <i>et al.</i> (2024)	Observasional multicenter	Baik	Cukup	Baik	7/9	Sedang
Hayashi <i>et al.</i> (2023)	K o h o r t retrospektif	Baik	Cukup	Baik	7/9	Sedang
Wang <i>et al.</i> (2021)	Prospektif multicenter	Baik	Baik	Baik	8/9	Rendah
Inkinen <i>et al.</i> (2021)	P o s t - h o c kohort	Baik	Cukup	Baik	7/9	Sedang
Sudheer & James (2024)	K o h o r t retrospektif	Cukup	Cukup	Baik	6/9	Sedang

**Tabel 2.** Analisis risiko bias studi yang menggunakan AMSTAR 2

Penulis (Tahun)	Jenis Review	Protokol	Pencarian Literatur	Penilaian Bias	Sintesis	Kualitas Metodologi
Nordin <i>et al.</i> (2025)	<i>Narrative review</i>	Tidak	Cukup	Tidak sistematis	Naratif	Sedang

**HASIL**

Berdasarkan hasil pencarian, didapatkan 7 penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian

yakni mengetahui pengaruh keseimbangan cairan terhadap *outcome* pasien *acute kidney injury* di ICU berdasarkan bukti ilmiah terbaru dari studi antara tahun 2020-2025.

**Tabel 3.** Daftar Jurnal

Penulis, Tahun Terbit	Judul Artikel	Karakteristik Sampel	Intervensi	Outcome	Hasil Penelitian
Hofer <i>et al.</i> (2024)	Influence of fluid accumulation on major adverse kidney events in critically ill patients	13.326 pasien ICU, dewasa, Bern, Swiss, analisis kohort retrospektif	<i>F l u i d accumulation</i> (>5% BB) pada hari ke-3 ICU	MAKE30: kematian, gagal ginjal persisten, kebutuhan RRT	<i>Fluid accumulation</i> (FA, >5% BB) pada hari ke-3 ICU secara signifikan meningkatkan odds MAKE30 ( <i>major adverse kidney events</i> , aOR 1.96), kebutuhan RRT (aOR 3.83), <i>persistent renal dysfunction</i> (aOR 1.72), dan mortalitas 30 hari (aOR 1.70).
White <i>et al.</i> (2024)	How a positive fluid balance develops in acute kidney injury	7894 pasien ICU dengan AKI dalam 3 hari pertama, multicenter Australia/UK	Positif <i>fluid balance</i> 4 hari setelah diagnosis AKI Positif <i>fluid balance</i> 4 hari setelah diagnosis AKI	ICU / hospital mortality, MAKE30, <i>ventilator-free days</i>	Kumulatif <i>fluid balance</i> semakin positif setelah diagnosis AKI dan berhubungan dengan mortalitas lebih tinggi, serta lebih sedikit hari bebas ventilator dan gagal ginjal

Tabel 3. Daftar Jurnal

Penulis, Tahun Terbit	Judul Artikel	Karakteristik Sampel	Intervensi	Outcome	Hasil Penelitian
Hayashi <i>et al.</i> , 2023	Associations between fluid overload and outcomes in critically ill patients with AKI	1120 pasien dewasa AKI di ICU, retrospektif single-center, Jepang	<i>Fluid overload</i> dievaluasi tiap jam hingga 72 jam	<i>90-day in-hospital mortality, ventilator-free days</i>	Mortalitas 90-hari lebih tinggi pada pasien dengan FO sejak jam pertama ICU admission, makin tinggi FO hingga jam 72 makin tinggi mortalitas (adjusted OR sampai 1.04/jam, p<0.001). <i>Ventilator-free days</i> juga lebih singkat dengan FO >10% di 72 jam. Clustering analisis memperlihatkan FO >10% pada jam 72 berhubungan dengan mortalitas hingga 71%, FO awal meningkatkan risiko outcome buruk sejak fase sangat awal penyakit kritis.
Wang, <i>et al.</i> , 2021	Association between Latent Trajectories of Fluid Balance and Clinical Outcomes in Critically Ill Patients with AKI	1529 pasien AKI ICU (BAKIT, 30 RS Beijing), prospektif	Trajektori <i>fluid balance</i> 7 hari ( <i>low/decreasing/high FB</i> )	<i>28-day mortality, ICU / hospital mortality, AKI stage</i>	High FB dua kali lipat risiko mortalitas, severity AKI; trajectory menurun menurunkan risiko outcome buruk. Semakin tinggi FO, semakin tinggi mortalitas dan derajat AKI
Inkinen, <i>et al.</i> , 2021	Fluid management in patients with acute kidney injury – FINNAKI Study	616 AKI & 616 non-AKI ICU, matched, multicenter Finland	Input/output cairan, <i>cumulative balance</i> hari ke-3	AKI recovery (hari ke-5), 90-day mortality	AKI menerima cairan lebih banyak (11.4 vs 10.2 L, p<0.001), output lebih rendah (4.7 vs 5.8 L), hasilnya fluid balance lebih positif (2.5 vs 0.9 L). AKI recovery hari ke-5 lebih sering terjadi pada pasien dengan input cairan rendah (OR 0.90 per liter lebih sedikit) dan output lebih tinggi (OR 1.12 per liter tambahan output). High positive balance dan intake tinggi memperburuk recovery ginjal dan outcome AKI.
Sudheer & James, 2024	Fluid Management in Critical Care: New Insights Into Optimal Fluid Therapy	600 pasien ICU, retrospektif, India	<i>Balanced crystalloids vs. isotonic saline, fluid restriction</i>	AKI incidence, RRT, ICU mortality, <i>ventilator duration</i>	<i>Balanced crystalloids dan fluid restriction</i> menurunkan AKI, kebutuhan RRT, durasi ventilasi dan mortalitas pada populasi ICU. Data menegaskan pentingnya cairan seimbang dan restriktif untuk outcome AKI dan prognosis kritis
Nordin, <i>et al.</i> , 2025	Fluid management in sepsis-associated AKI	Review, populasi ICU sepsis-associated AKI	Terapi cairan yang disesuaikan secara individual, penghentian resusitasi	Prognosis dan kidney recovery, multi-organ congestion	<i>Restrictive strategy</i> menurunkan insiden AKI berat & durasi ventilasi, sementara fluid overload & fluid removal agresif bisa meningkatkan morbiditas/mortalitas jika tidak individualisasi

## DISKUSI

Tinjauan sistematis terhadap tujuh studi yang dianalisis menunjukkan secara konsisten bahwa keseimbangan cairan merupakan determinan utama *outcome* pada pasien AKI yang dirawat di ICU. Seluruh studi, baik observasional retrospektif, prospektif, maupun analisis *post-hoc* dan *narrative review*, menunjukkan bahwa *positive fluid balance* atau *fluid overload* berkaitan erat dengan perburukan prognosis, peningkatan mortalitas, kebutuhan terapi pengganti ginjal (*renal replacement therapy/ RRT*), perlambatan pemulihan fungsi ginjal, serta berkurangnya *ventilator-free days*.

Sebagian besar studi melaporkan bahwa pasien dengan keseimbangan cairan positif memiliki *outcome* yang lebih buruk dibandingkan pasien dengan keseimbangan cairan yang lebih rendah. Hofer *et al.*<sup>4</sup> dan Hayashi *et al.*<sup>2</sup> menunjukkan bahwa besarnya akumulasi cairan pada fase awal perawatan ICU berkaitan dengan peningkatan mortalitas jangka pendek hingga menengah. Wang *et al.*<sup>3</sup> melaporkan bahwa pola keseimbangan cairan tinggi yang menetap lebih sering dijumpai pada pasien dengan *outcome survival* yang tidak menguntungkan dibandingkan pola keseimbangan cairan yang menurun seiring waktu. Namun, keseimbangan cairan positif pada hal ini kemungkinan menggambarkan karakteristik pasien dengan penyakit yang lebih berat, termasuk sepsis, gangguan hemodinamik, dan disfungsi multiorgan, yang secara bersamaan memengaruhi kebutuhan resusitasi cairan dan respons diuresis.

Hubungan antara *fluid overload* dan kebutuhan RRT juga dilaporkan secara konsisten. Studi oleh Hofer *et al.*<sup>4</sup> dan Inkinen *et al.*<sup>5</sup> menunjukkan bahwa pasien dengan akumulasi cairan yang lebih besar lebih sering menjalani RRT selama perawatan ICU. Akan tetapi, interpretasi hubungan ini menjadi kompleks karena adanya kemungkinan hubungan dua arah. Pasien dengan AKI derajat lebih berat cenderung mengalami penurunan output urin, sehingga lebih mudah mencapai keseimbangan cairan positif meskipun input cairan tidak berlebihan. Temuan Inkinen *et al.*<sup>5</sup> menunjukkan kombinasi antara asupan cairan yang lebih tinggi dan kemampuan ekskresi yang lebih rendah pada pasien AKI mendukung pandangan bahwa *fluid overload* sering kali

berjalan seiring dengan derajat disfungsi ginjal, sehingga kaitannya dengan penggunaan RRT tidak dapat dilepaskan dari beratnya AKI itu sendiri.

Dari sisi pemulihan ginjal, pendekatan berbasis trajektori keseimbangan cairan oleh Wang *et al.*<sup>3</sup> menunjukkan bahwa pasien dengan pola keseimbangan cairan yang menurun setelah fase awal perawatan lebih sering mengalami pemulihan fungsi ginjal yang lebih baik dibandingkan pasien dengan keseimbangan cairan tinggi yang persisten. Hasil ini menekankan pentingnya dinamika keseimbangan cairan dari waktu ke waktu sebagai indikator prognostik, dibandingkan pengukuran tunggal pada satu titik waktu. Namun, White *et al.*<sup>6</sup> melaporkan bahwa dalam praktik klinis sehari-hari, keseimbangan cairan pasien AKI sering kali tetap meningkat hingga beberapa hari setelah diagnosis, terutama akibat pemberian cairan *maintenance* yang berkelanjutan, peningkatan asupan nutrisi cair, output urin yang rendah serta penggunaan diuretik yang terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan cairan pada fase pasca-resusitasi juga dipengaruhi oleh kebiasaan klinis dan kebijakan unit perawatan.

Beberapa studi melaporkan bahwa *fluid overload* berhubungan dengan durasi ventilasi mekanik yang lebih panjang dan penurunan *ventilator-free days*. Secara fisiologis, kelebihan cairan dapat memperburuk edema paru dan gangguan pertukaran gas. Namun, pasien dengan ventilasi mekanik berkepanjangan umumnya juga memiliki penyakit dasar yang lebih berat, seperti sepsis berat atau *acute respiratory distress syndrome* (ARDS), yang secara simultan meningkatkan kebutuhan cairan dan risiko akumulasi cairan. Oleh karena itu, hubungan antara *fluid overload* dan luaran respirasi kemungkinan mencerminkan interaksi kompleks antara fungsi paru, hemodinamik, dan beban penyakit secara keseluruhan.

Review oleh Nordin *et al.*<sup>7</sup> menekankan pentingnya pendekatan fase-spesifik dalam terapi cairan, khususnya pada pasien dengan *sepsis-associated AKI* (SA-AKI). Mereka menguraikan bahwa kelebihan cairan setelah fase resusitasi awal berkontribusi terhadap kongesti vena ginjal dan penurunan perfusi renal, yang pada akhirnya memperburuk luaran

klinis. Pendekatan SOSD (*Salvage, Optimization, Stabilization, De-resuscitation*) dan penggunaan cairan seimbang direkomendasikan untuk meminimalkan risiko FO.<sup>8</sup>

Dari sisi jenis cairan, penelitian Sudheer dan James memberikan bukti tambahan bahwa penggunaan *balanced* kristaloid dibanding saline 0,9% menurunkan insidensi AKI (12% vs 22%) dan kebutuhan RRT (8% vs 15%), meskipun tanpa perbedaan signifikan pada mortalitas total. Penelitian ini juga menyoroti manfaat strategi restriksi cairan, khususnya pada pasien dengan sepsis dan ARDS, yang berdampak pada perbaikan oksigenasi dan pemendekan durasi ventilasi mekanik.<sup>9</sup>

Resusitasi awal dengan cairan kristaloid diperlukan untuk mengatasi hipoperfusi ginjal, tetapi kelebihan pemberian kristaloid sering kali hanya sekitar 25% yang bertahan di intravaskular, sedangkan 75% masuk ke interstitial, sehingga ekspansi volume mudah berlanjut ke edema perifer dan organ. Akumulasi cairan (*net positive fluid balance*) yang mencolok dikaitkan dengan pembentukan edema paru, edema usus, sindrom kompartemen abdomen (*intra-abdominal compartment syndrome*), serta penurunan fungsi ginjal secara langsung melalui kongesti vena ginjal, penurunan perfusi ginjal, dan penekanan filtrasi glomerulus.<sup>10,11</sup>

Pada pasien dengan *net positive fluid balance* lebih dari 5 liter dalam 24 jam, angka kejadian *intra-abdominal hypertension* dan *abdominal compartment syndrome* meningkat tajam, menyebabkan oliguria dan memperburuk prognosis renal serta survival. Selain membatasi perfusi ginjal (*abdominal perfusion pressure* berkurang), tekanan intra-abdomen tinggi juga menurunkan laju filtrasi glomerulus, sehingga memperparah AKI yang sudah ada. Morbiditas dan mortalitas ICU meningkat secara bermakna seiring akumulasi cairan, baik akibat progresi langsung gagal ginjal akut maupun modifikasi luaran organ lain seperti paru dan jantung.<sup>8,12,13</sup>

Manajemen cairan pada pasien AKI di ICU diperlukan pendekatan individual yang dinamis dan berbasis fase. Prinsip *four phases of fluid therapy* — *Resuscitation, Optimization, Stabilization*, dan *De-resuscitation* (SOSD) — menjadi pedoman penting untuk mencegah terjadinya kelebihan cairan setelah fase

resusitasi awal. *Resuscitation phase* adalah fase awal yang bertujuan menyelamatkan nyawa pasien yang mengalami *life-threatening shock* dengan tanda-tanda hipotensi berat dan perfusi jaringan yang buruk. Pada tahap ini dilakukan pemberian cairan secara cepat (*fluid bolus*) untuk memulihkan tekanan darah dan perfusi organ vital. Pemantauan dilakukan secara ketat di sisi tempat tidur untuk mencegah under maupun over-resuscitation.<sup>14–16 17,18</sup>

*Optimization phase* terjadi ketika pasien sudah tidak dalam kondisi syok berat tetapi masih berisiko mengalami dekompensasi. Tujuan fase ini adalah memperbaiki perfusi jaringan dan fungsi organ dengan hati-hati melalui *fluid challenge*, yaitu pemberian volume cairan dalam jumlah sedang yang dievaluasi responsnya terhadap fungsi hemodinamik. Fokusnya adalah memastikan cardiac output optimal tanpa menimbulkan kelebihan cairan.<sup>15</sup>

*Stabilization phase* ditandai dengan kondisi pasien yang relatif stabil, dimana terapi cairan hanya diberikan untuk pemeliharaan atau mengganti kehilangan cairan yang masih berlangsung (*renal, gastrointestinal, atau insensible loss*). Pada fase ini, tidak ada lagi kebutuhan untuk resusitasi, dan pemberian cairan harus minimal agar tidak terjadi akumulasi. *De-resuscitation phase* merupakan fase akhir, yaitu proses mobilisasi atau pengeluaran kelebihan cairan tubuh untuk mencapai atau mempertahankan keseimbangan cairan negatif. Tujuannya adalah mencegah efek merugikan akibat *fluid overload*, seperti edema paru, gangguan oksigenasi, dan kerusakan organ lebih lanjut, termasuk ginjal. Fase de-resuscitation menjadi penting, terutama pada pasien dengan AKI, untuk mengeluarkan cairan berlebih menggunakan diuretik atau ultrafiltrasi melalui RRT bila diperlukan.<sup>15,16</sup>

Strategi restriktif dan *de-resuscitation* aktif terbukti aman, membantu mengurangi durasi ventilasi mekanik, serta memperbaiki luaran organ. Selain itu, manajemen tekanan perfusi ginjal dengan vasopresor yang tepat seperti norepinefrin dan vasopresin juga penting untuk mengoptimalkan perfusi tanpa menyebabkan kerusakan vaskular. Secara keseluruhan, bukti ilmiah menunjukkan bahwa pengelolaan *fluid balance* yang tepat—yakni menghindari *fluid overload* dan menyesuaikan terapi cairan dengan

fase penyakit—merupakan faktor penting dalam menurunkan mortalitas dan memperbaiki prognosis pasien AKI di ICU.<sup>17,18</sup>

Tinjauan sistematis ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sebagian besar studi yang dianalisis merupakan penelitian observasional, sehingga inferensi kausal tidak dapat ditegakkan. Kedua, terdapat heterogenitas dalam definisi *fluid overload*, metode perhitungan keseimbangan cairan, serta waktu pengukuran antar studi, sehingga sulit untuk membandingkan dan mensintesis hasil secara kuantitatif. Heterogenitas tersebut menjadi alasan utama mengapa meta-analisis kuantitatif tidak dilakukan dalam tinjauan ini. Ketiga, populasi studi yang dianalisis bervariasi, baik dari segi derajat keparahan penyakit, proporsi pasien sepsis, maupun kebijakan ICU terkait resusitasi dan de-resusitasi cairan. Meskipun sebagian besar studi telah melakukan penyesuaian terhadap faktor keparahan penyakit, risiko *residual confounding*, termasuk pengaruh sepsis, kebocoran kapiler, dan variasi praktik resusitasi, tetap tidak dapat dieliminasi sepenuhnya.

## SIMPULAN

Tinjauan sistematis ini menunjukkan bahwa pasien gagal ginjal akut di ICU dengan keseimbangan cairan positif lebih sering dikaitkan dengan luaran klinis yang tidak menguntungkan, seperti mortalitas, kebutuhan RRT, pemulihan fungsi ginjal yang lebih lambat, serta penurunan *ventilator-free days*. Interpretasi temuan ini perlu mempertimbangkan peran faktor pengganggu, termasuk keparahan penyakit, fase terapi, dan variasi pendekatan manajemen cairan.

Dalam praktik klinis, keseimbangan cairan dapat dipertimbangkan sebagai parameter pemantauan tambahan dalam penilaian risiko pasien AKI di ICU, khususnya setelah fase resusitasi awal, dengan tetap mempertimbangkan konteks klinis secara menyeluruh dan keterbatasan fungsi ekskresi ginjal.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan (*conflict of interest*) dalam penulisan dan penyusunan artikel ini. Seluruh proses penyusunan tinjauan literatur dilakukan secara independen tanpa adanya pengaruh dari

pihak mana pun, baik institusi, sponsor, maupun kepentingan pribadi yang dapat memengaruhi hasil dan interpretasi kajian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pembimbing akademik atas bimbingan berharga, masukan yang bermanfaat, dan dukungan berkelanjutan selama proses penyelesaian naskah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Patil VP, Salunke BG. Fluid Overload and Acute Kidney Injury. *Indian J Crit Care Med*. 2020 Apr;24(Suppl 3):S94-S97. doi: [10.5005/jp-journals-10071-23401](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23401)
2. Hayashi Y, Shimazui T, Tomita K, Shimada T, Miura RE, Nakada TA. Associations between fluid overload and outcomes in critically ill patients with acute kidney injury: a retrospective observational study. *Sci Rep*. 2023 Oct 13;13(1):17410. doi: [10.1038/s41598-023-44778-0](https://doi.org/10.1038/s41598-023-44778-0)
3. Wang M, Zhu B, Jiang L, Luo X, Wang N, Zhu Y, *et al*. Association between Latent Trajectories of Fluid Balance and Clinical Outcomes in Critically Ill Patients with Acute Kidney Injury: A Prospective Multicenter Observational Study. *Kidney Dis (Basel)*. 2021 Jul 15;8(1):82-92. doi: [10.1159/000515533](https://doi.org/10.1159/000515533)
4. Hofer DM, Ruzzante L, Waskowski J, Messmer AS, Pfortmueller CA. Influence of fluid accumulation on major adverse kidney events in critically ill patients - an observational cohort study. *Ann Intensive Care*. 2024 Apr 8;14(1):52. doi: [10.1186/s13613-024-01281-7](https://doi.org/10.1186/s13613-024-01281-7)
5. Inkinen N, Jukarainen S, Wiersema R, Poukkanen M, Pettilä V, Vaara ST. Fluid management in patients with acute kidney injury - A post-hoc analysis of the FINNAKI study. *J Crit Care*. 2021 Aug;64:205-10. doi: [10.1016/j.jcrc.2021.05.002](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2021.05.002)
6. White KC, Serpa-Neto A, Hurford R, Clement P, Laupland KB, Ostermann M, *et al*. How a positive fluid balance develops in acute kidney injury: A binational, observational study. *J Crit Care*. 2024 Aug;82:154809. doi: [10.1016/j.jcrc.2024.154809](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2024.154809)
7. Nordin NZ, Akhtar W, Ostermann M. Fluid

- management in sepsis associated acute kidney injury. *J Crit Care*. 2025 Dec;90:155188. doi: [10.1016/j.jcrc.2025.155188](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2025.155188)
8. Pickkers P, Darmon M, Hoste E, Joannidis M, Legrand M, Ostermann M, et al. Acute kidney injury in the critically ill: an updated review on pathophysiology and management. *Intensive Care Med*. 2021 Aug;47(8):835-50. doi: [10.1007/s00134-021-06454-7](https://doi.org/10.1007/s00134-021-06454-7)
  9. Sudheer N, James JV. Fluid Management in Critical Care: New Insights Into Optimal Fluid Therapy. *Cureus*. 2024 Dec 10;16(12):e75436. doi: [10.7759/cureus.75436](https://doi.org/10.7759/cureus.75436)
  10. Finfer S, Micallef S, Hammond N, Navarra L, Bellomo R, Billot L, et al. Balanced Multielectrolyte Solution versus Saline in Critically Ill Adults. *N Engl J Med*. 2022 Mar 3;386(9):815-26. doi: [10.1056/NEJMoa2114464](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2114464)
  11. Wang P, Huang Y, Li J, Cao D, Chen B, Chen Z, et al. Balanced crystalloid solutions versus normal saline in intensive care units: a systematic review and meta-analysis. *Int Urol Nephrol*. 2023 Nov;55(11):2829-44. doi: [10.1007/s11255-023-03570-9](https://doi.org/10.1007/s11255-023-03570-9)
  12. Hammond NE, Zampieri FG, Di Tanna GL, Garside T, Adigbli D, Cavalcanti AB, et al. Balanced Crystalloids versus Saline in Critically Ill Adults - A Systematic Review with Meta-Analysis. *NEJM Evid*. 2022 Feb;1(2):EVIDoa2100010. doi: [10.1056/EVIDoa2100010](https://doi.org/10.1056/EVIDoa2100010)
  13. Shafiq I, Hastings MC, Vo HQ, Raza SM, Zabiullah SF, Amin QK. Comparative Effectiveness of Fluid Resuscitation Strategies for Preventing Acute Kidney Injury in Critically Ill Patients: A Meta-Analysis. *Cureus*. 2025 Aug 14;17(8):e90060. doi: [10.7759/cureus.90060](https://doi.org/10.7759/cureus.90060)
  14. White KC, Laupland KB, Ostermann M, Neto AS, Gattton ML, Hurford R, et al. Current Fluid Management Practice in Critically Ill Adults on Continuous Renal Replacement Therapy: A Binational, Observational Study. *Blood Purif*. 2024;53(8):624-33. doi: [10.1159/000538421](https://doi.org/10.1159/000538421)
  15. Hoste EA, Maitland K, Brudney CS, Mehta R, Vincent JL, Yates D, et al. Four phases of intravenous fluid therapy: a conceptual model. *Br J Anaesth*. 2014 Nov;113(5):740-7. doi: [10.1093/bja/aeu300](https://doi.org/10.1093/bja/aeu300)
  16. Dong WH, Yan WQ, Song X, Zhou WQ, Chen Z. Fluid resuscitation with balanced crystalloids versus normal saline in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2022 Apr 18;30(1):28. doi: [10.1186/s13049-022-01015-3](https://doi.org/10.1186/s13049-022-01015-3)
  17. Shi B, Ye J, Chen W, Liao B, Gu W, Yin H, et al. Prognosis of critically ill patients with early and late sepsis-associated acute kidney injury: an observational study based on the MIMIC-IV. *Ren Fail*. 2025 Dec;47(1):2441393. doi: [10.1080/0886022X.2024.2441393](https://doi.org/10.1080/0886022X.2024.2441393)
  18. Gunning S, Mire M, Gulotta G, Koyner J. Impact of fluid removal rate on patients receiving continuous renal replacement therapy for acute kidney injury. *J Crit Care*. 2025 Oct;89:155161. doi: [10.1016/j.jcrc.2025.155161](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2025.155161)