



Tinjauan Pustaka

MONITORING TERAPI CAIRAN PADA KASUS EMERGENSI: TINJAUAN KOMPREHENSIF PENDEKATAN DINAMIS TERKINI

FLUID THERAPY MONITORING IN EMERGENCY CASES: A COMPREHENSIVE REVIEW OF THE LATEST DYNAMIC APPROACH

Agus Sumedi,^{a*} Zaim Anshari,^a

^a Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Sumatera Utara, Jl. STM No. 77, Medan, 20219

Histori Artikel

Diterima:
09 Juni 2026

Revisi:
08 Juli 2026

Terbit:
10 Juli 2026

Kata Kunci

Terapi Cairan,
Parameter
Dinamis, Fluid
Responsiveness,
POCUS, Syok
Septik

Keywords

Fluid Therapy,
Dynamic
Parameters, Fluid
Responsiveness,
POCUS, Septic
Shock

*Korespondensi

Agus Sumedi,
Bagian
Anestesiologi,
Fakultas
Kedokteran,
UISU, Email:
sumediagus529@
gmail.com

ABSTRAK

Terapi cairan merupakan pilar utama resusitasi pasien emergensi, namun pendekatan konvensional berbasis parameter statis seperti tekanan vena sentral dan tanda klinis terisolasi terbukti tidak sensitif dan sering memicu fluid overload yang berkorelasi langsung dengan peningkatan mortalitas serta kegagalan multi-organ. Artikel ini bertujuan menelaah secara komprehensif evolusi strategi monitoring terapi cairan dengan fokus pada parameter dinamis dan Point-of-Care Ultrasound (POCUS) di instalasi gawat darurat dan ruang intensif berdasarkan bukti klinis literatur terkini. Metode yang digunakan secara komprehensif terhadap 26 literatur ilmiah bereputasi (Scopus Q1/Q2 dan panduan internasional) kurun waktu 2018–2026 terkait akurasi parameter dinamis, uji fungsional, dan ultrasonografi dalam memprediksi responsivitas cairan. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa penentuan responsivitas cairan menggunakan parameter dinamis seperti Pulse Pressure Variation (PPV) dan Stroke Volume Variation (SVV) dengan akurasi >13% jauh lebih unggul dibanding parameter statis. Bagi pasien bernapas spontan, uji Passive Leg Raising (PLR) terbukti aman dan reversibel. Integrasi POCUS melalui evaluasi kolapsibilitas Vena Cava Inferior serta parameter Carotid Artery Flow Time memberikan visualisasi status volume sirkulasi secara real-time di tempat tidur pasien. Implementasi protokol resusitasi berbasis fase (konsep ROSE) yang dipandu parameter dinamis serta strategi restriktif pasca-resusitasi terbukti menurunkan kejadian cedera ginjal akut dan durasi ventilasi mekanik. Sebagai kesimpulan, monitoring cairan berbasis parameter dinamis dan POCUS sangat direkomendasikan untuk menggantikan dogma resusitasi linier konvensional demi menurunkan morbiditas dan mortalitas pasien emergensi.

ABSTRACT

Fluid therapy is a cornerstone of resuscitation in emergency patients, but conventional approaches based on static parameters such as central venous pressure and isolated clinical signs have proven insensitive and frequently trigger fluid overload, which directly correlates with increased mortality and multi-organ failure. This article aims to comprehensively review the evolution of fluid therapy monitoring strategies, focusing on dynamic parameters and Point-of-Care Ultrasound (POCUS) in emergency departments and intensive care units based on current clinical evidence. A narrative review was conducted on 26 reputable scientific literatures (Scopus Q1/Q2 and international guidelines) published between 2018–2026 regarding the accuracy of dynamic parameters, functional tests, and ultrasonography in predicting fluid responsiveness. The results demonstrate that determining fluid responsiveness using dynamic parameters—such as Pulse Pressure Variation (PPV) and Stroke Volume Variation (SVV) with an accuracy >13%—is far superior to static parameters. For spontaneously breathing patients, the Passive Leg Raising (PLR) test proves safe and reversible. Integration of POCUS through evaluation of Inferior Vena Cava collapsibility and Carotid Artery Flow Time provides real-time visualization of circulatory volume status at the bedside. Implementation of a phase-based resuscitation protocol (the ROSE concept) guided by dynamic parameters, along with a post-resuscitation restrictive strategy, has been shown to reduce the incidence of acute kidney injury and the duration of mechanical ventilation. In conclusion, fluid monitoring based on dynamic parameters and POCUS is strongly recommended to replace conventional linear resuscitation dogma in order to reduce morbidity and mortality in emergency patients.

DOI: <https://doi.org/10.30743/stm.v9i2.1342>



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

PENDAHULUAN

Tatalaksana pasien dalam kondisi kritis dan gawat darurat, baik di Instalasi Gawat Darurat (IGD) maupun di ruang perawatan intensif (ICU), senantiasa menempatkan restorasi stabilitas hemodinamik sebagai prioritas absolut. Hipoperfusi jaringan global yang terjadi pada berbagai jenis syok baik distributif (seperti sepsis), hipovolemik (perdarahan), maupun kardiogenik memerlukan intervensi segera dan tepat sasaran untuk mencegah hipoksia seluler, peralihan metabolisme anaerob, asidosis laktat progresif, dan pada akhirnya sindrom kegagalan fungsi multi-organ (*Multiple Organ Dysfunction Syndrome/MODS*).^{1,2} Selama beberapa dekade, pemberian cairan intravena secara agresif diyakini sebagai intervensi lini pertama yang mutlak. Logika dasarnya sederhana: meningkatkan volume intravaskular akan mengoptimalkan venous return, meningkatkan stroke volume (SV), dan pada akhirnya memperbaiki cardiac output (CO) serta perfusi organ sistemik.³

Namun, praktik klinis kontemporer mulai mengungkap sisi gelap dari resusitasi cairan yang tidak terkontrol dan tidak dipandu oleh monitoring yang memadai. Cairan intravena, baik kristaloid maupun koloid, pada hakikatnya harus dipandang sebagai obat dengan indikasi, dosis, kontraindikasi, dan efek samping yang spesifik.¹ Pemberian cairan yang berlebihan atau tidak tepat waktu justru sering memicu fenomena fluid overload (kelebihan beban cairan).⁴ Akumulasi cairan berlebihan di ruang interstisial dapat merusak struktur endothelial glycocalyx, sebuah lapisan protektif pada

dinding pembuluh darah, yang kemudian memicu kebocoran kapiler masif.³ Konsekuensinya, terjadi edema pada berbagai organ vital, yang bermanifestasi sebagai *Acute Respiratory Distress Syndrome* (ARDS) di paru, kongesti hepatik, asites, peningkatan tekanan intra-abdomen, hingga *Acute Kidney Injury* (AKI) akibat edema berkapsul pada ginjal.³ Pendekatan liberal konvensional yang bersifat kaku dan generalisasi kini mulai ditinggalkan karena terbukti gagal memberikan luaran optimal, terutama pada pasien dengan risiko tinggi.^{5,6}

Dilema resusitasi ini semakin diperparah oleh kenyataan bahwa hanya sekitar 50% pasien kritis dalam kondisi emergensi yang sebenarnya bersifat fluid responder (yakni menunjukkan peningkatan stroke volume ≥ 10 -15% setelah pemberian cairan). Sisa 50% pasien lainnya tidak akan memperoleh manfaat hemodinamik dari ekspansi volume, melainkan langsung terpapar risiko efek buruk fluid overload.^{7,8} Oleh karena itu, kemampuan untuk memprediksi secara akurat apakah seorang pasien akan berespons positif terhadap pemberian cairan menjadi kompetensi yang sangat krusial bagi setiap klinisi di lini depan emergensi.⁹

Selama bertahun-tahun, penilaian status hidrasi dan kecukupan volume sirkulasi bersandar penuh pada parameter statis konvensional, seperti tekanan vena sentral (*Central Venous Pressure/CVP*), tekanan arteri pulmonal (*Pulmonary Artery Wedge Pressure/PAWP*), serta tanda-tanda klinis seperti produksi urine, laju denyut jantung, tekanan darah, dan *capillary refill time* (CRT).⁶ Sayangnya, parameter-parameter ini memiliki

sensitivitas dan spesifisitas yang sangat rendah dalam menggambarkan status volume intravaskular yang sesungguhnya. Sebagai contoh, takikardia pada pasien sepsis tidak hanya disebabkan oleh hipovolemia, tetapi bisa dipicu oleh respons inflamasi sistemik, demam, nyeri, atau pelepasan katekolamin endogen. *Surviving Sepsis Campaign* (SSC) edisi 2021 secara eksplisit telah tidak merekomendasikan penggunaan CVP secara tunggal untuk memandu resusitasi cairan, karena hubungan antara tekanan dan volume pada jantung pasien kritis bersifat non-linier dan sangat dipengaruhi oleh variabel eksternal seperti COMPLIANS ventrikel, ventilasi tekanan positif, dan hipertensi intra-abdomen.^{1,10} Sebuah meta-analisis bahkan menegaskan bahwa akurasi CVP dalam memprediksi responsivitas cairan tidak berbeda jauh dengan hasil lemparan koin (area di bawah kurva ROC $\approx 0,55$).⁸

Menghadapi keterbatasan fatal ini, dunia kedokteran darurat dan perawatan intensif telah mengalami pergeseran paradigma yang sangat masif: dari penggunaan parameter statis menuju implementasi parameter dinamis berbasis interaksi jantung-paru (*heart-lung interactions*) serta ultrasonografi di tempat tidur pasien (*point-of-care ultrasound* / POCUS)^{11,12}. Parameter dinamis tidak lagi mengukur "angka tekanan atau volume" secara statis, melainkan mengamati perubahan fungsional dari performa SV jantung akibat adanya perturbasi atau stresor mekanik yang diberikan secara sengaja pada sistem kardiovaskular. Pendekatan ini memungkinkan klinisi untuk menjawab pertanyaan kunci: "Apakah jantung pasien ini

akan merespons positif jika saya berikan tambahan cairan?".

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk menelaah secara komprehensif evolusi strategi monitoring terapi cairan pada kasus emergensi, dengan fokus utama pada aplikasi klinis parameter dinamis (seperti *Pulse Pressure Variation/PPV*, *Stroke Volume Variation/SVV*, dan uji *Passive Leg Raising/PLR*) serta integrasi POCUS (evaluasi Vena Cava Inferior, *Carotid Artery Flow Time*, dan ekokardiografi terfokus). Tinjauan ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis berbasis bukti terkini bagi klinisi dalam mengoptimalkan terapi cairan sekaligus meminimalkan risiko *fluid overload* dan mortalitas pasien.

METODE

Penelitian ini disusun dalam bentuk tinjauan komprehensif (*comprehensive narrative review*) yang bertujuan untuk menelaah secara kritis dan sistematis perkembangan terkini dalam monitoring terapi cairan pada kasus emergensi. Rancangan tinjauan komprehensif dipilih karena topik ini bersifat multidisiplin, melibatkan integrasi konsep fisiologi, teknologi monitoring, dan aplikasi klinis di ruang gawat darurat serta perawatan intensif, sehingga pendekatan meta-analisis tunggal dianggap tidak cukup untuk menangkap kompleksitas dan heterogenitas intervensi yang ada.¹³ Tinjauan ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis statistik tunggal, melainkan untuk menyajikan sintesis bukti klinis terbaik yang dapat diterjemahkan

langsung ke dalam panduan praktis bagi klinisi lini depan.

Strategi pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada lima basis data elektronik internasional bereputasi tinggi, yaitu PubMed, Scopus, ScienceDirect, Cochrane Library, dan Google Scholar, dengan rentang waktu publikasi delapan tahun terakhir (1 Januari 2018 hingga 31 April 2026). Pencarian juga diperluas ke publikasi nasional terindeks melalui portal Indonesian Publication Index (IPI) dan jurnal *Acta Medica Indonesiana* untuk memastikan relevansi konteks lokal. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian disusun berdasarkan kombinasi Boolean, meliputi: ("*fluid therapy*" OR "*fluid resuscitation*") AND ("*emergency*" OR "*critical care*" OR "*shock*") AND ("*dynamic parameters*" OR "*fluid responsiveness*" OR "*PPV*" OR "*SVV*" OR "*passive leg raising*") AND ("*point-of-care ultrasound*" OR "*POCUS*" OR "*IVC collapse*"). Selain itu, teknik snowballing (penelusuran referensi dari artikel kunci) dan hand-searching pada prosiding konferensi tahunan Society of Critical Care Medicine (SCCM) dan European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) juga dilakukan untuk menangkap literatur abu-abu yang relevan¹⁴

Kriteria inklusi dalam seleksi literatur ditetapkan secara ketat. Artikel dimasukkan jika memenuhi seluruh kriteria berikut: (1) merupakan artikel ulasan naratif, uji klinis acak terkontrol (*randomized controlled trial*/RCT), studi kohort prospektif, atau pedoman konsensus internasional dari perhimpunan kedokteran intensif; (2) mengevaluasi akurasi parameter dinamis (PPV, SVV, PLR, atau POCUS) dalam

memprediksi responsivitas cairan pada pasien dewasa (usia ≥ 18 tahun) dengan kondisi emergensi (syok septik, hemoragik, atau hipovolemik); (3) dipublikasikan dalam bahasa Inggris atau Indonesia; serta (4) menyediakan data nilai ambang batas (cut-off), sensitivitas, spesifisitas, atau area di bawah kurva ROC. Kriteria eksklusi meliputi: studi pada populasi pediatri (usia < 18 tahun), pasien dengan syok kardiogenik murni tanpa komponen hipovolemik, laporan kasus tunggal, serta artikel opini atau editorial tanpa data empiris⁸.

Dari total 187 artikel yang teridentifikasi melalui pencarian awal, sebanyak 26 literatur akhirnya dipilih dan dianalisis secara mendalam setelah melalui proses screening judul dan abstrak ($n=187 \rightarrow 62$), dilanjutkan dengan penilaian teks lengkap (*full-text assessment*) berdasarkan relevansi dan kualitas metodologi ($n=62 \rightarrow 26$). Ke-26 literatur tersebut terdiri atas 12 artikel ulasan naratif/ sistematis, 8 uji klinis acak terkontrol, 4 pedoman konsensus internasional (termasuk *Surviving Sepsis Campaign* 2021 dan NICE Guideline 2023), serta 2 studi kohort prospektif multisenter. Sintesis data dilakukan secara tematik dengan mengelompokkan bukti ke dalam tiga domain utama: (1) keterbatasan parameter statis, (2) akurasi parameter dinamis berbasis interaksi jantung-paru, dan (3) integrasi POCUS dalam algoritma resusitasi berbasis fase (konsep ROSE). Seluruh kutipan dalam naskah ini disajikan menggunakan format APA Style (7th ed.) untuk memastikan konsistensi dan kepatuhan terhadap standar publikasi jurnal internasional.

HASIL

Keterbatasan Parameter Statis Tradisional

Tinjauan terhadap 26 literatur yang dianalisis secara konsisten menunjukkan bahwa parameter statis konvensional baik yang berbasis klinis (produksi urine, denyut jantung, tekanan darah, *capillary refill time*) maupun invasif (tekanan vena sentral/CVP, *Pulmonary Artery Wedge Pressure*/PAWP) memiliki akurasi yang sangat rendah dalam memprediksi responsivitas cairan pada pasien emergensi. Sebuah meta-analisis yang dirangkum oleh Monnet melaporkan bahwa area di bawah kurva ROC untuk CVP dalam memprediksi peningkatan stroke volume $\geq 15\%$ setelah pemberian cairan hanya berkisar 0,55–0,56, tidak berbeda signifikan dengan tebakan acak. Evans dalam pedoman Surviving Sepsis Campaign 2021 secara eksplisit merekomendasikan untuk tidak menggunakan CVP secara tunggal sebagai penanda status

volume intravaskular. Tabel 1 di bawah ini menyajikan perbandingan sistematis antara parameter statis dan parameter dinamis berdasarkan temuan dari 8 uji klinis acak terkontrol yang ditelaah.

Parameter dinamis (PPV dan PLR) menunjukkan nilai AUC $>0,90$ yang mengindikasikan akurasi diagnostik sangat tinggi, sedangkan parameter statis (CVP, PAWP, produksi urine) memiliki AUC $<0,60$ yang berarti tidak lebih baik dari peluang acak. Sensitivitas dan spesifisitas PPV (88%/89%) serta PLR (91%/92%) jauh melampaui parameter statis (40–50%). Hal ini memperkuat kesimpulan bahwa ketergantungan pada parameter statis saja akan menyebabkan kesalahan klasifikasi status volume pada sekitar separuh pasien emergensi, yang berpotensi memicu fluid overload atau resusitasi yang tidak adekuat.

Tabel 1. Perbandingan Akurasi Parameter Statis versus Parameter Dinamis dalam Memprediksi Responsivitas Cairan

Parameter	Jenis	Nilai Ambang	AUC (ROC)	Sensitivitas	Spesifisitas	Keterbatasan Utama
<i>Central Venous Pressure</i> (CVP)	Statis	<8 mmHg	0,55	45%	48%	Non-linier, dipengaruhi complians ventrikel & ventilasi
<i>Pulmonary Artery Wedge Pressure</i> (PAWP)	Statis	<12 mmHg	0,56	47%	50%	Invasif, mahal, tidak tersedia di IGD
Produksi urine ($<0,5$ mL/kg/jam)	Klinis statis	-	0,52	40%	55%	Dipengaruhi diuretik, fungsi ginjal prerenal
<i>Pulse Pressure Variation</i> (PPV)	Dinamis	$>13\%$	0,94	88%	89%	Hanya pada ventilasi mekanik kontrol, irama sinus
<i>Passive Leg Raising</i> (PLR)	Dinamis	$\Delta CO \geq 10\%$	0,95	91%	92%	Butuh alat monitor CO kontinu, kontraindikasi hipertensi intraabdomen

Sumber: Diolah dari Monnet et al. (2022); Preau et al. (2020); Messina et al. (2021)

Patofisiologi Interaksi Jantung-Paru dan Dasar Parameter Dinamis

Untuk memahami mengapa parameter dinamis jauh lebih unggul, tinjauan ini mengkaji secara mendalam konsep fisiologi interaksi

jantung-paru selama siklus ventilasi mekanik tekanan positif. Seperti dirangkum dalam Tabel 2, fluktuasi tekanan intra-torakal yang siklik menciptakan "tantangan volume internal" yang konstan pada pasien yang terintubasi.

Tabel 2. Mekanisme Fase Respirasi terhadap Perubahan Preload dan Stroke Volume pada Ventilasi Tekanan Positif

Fase Respirasi	Perubahan Tekanan Intra-Torakal	Efek pada Vena Cava & Venous Return	Efek pada Ventrikel Kanan (RV)	Efek pada Ventrikel Kiri (LV)	Dampak pada Stroke Volume
Inspirasi (tekanan positif)	Meningkat tajam	Kompresi vena cava → penurunan venous return	Penurunan preload RV	Peningkatan preload LV (darah terdorong dari sirkulasi pulmonal)	LV sedikit meningkat di akhir inspirasi
Ekspirasi	Kembali ke baseline	Venous return membaik	Peningkatan preload RV (setelah waktu transit)	Penurunan preload LV (karena darah dari RV belum sampai)	LV menurun di awal ekspirasi

Sumber: Diolah dari Michard & Teboul (2019); Monnet et al. (2022)

Perubahan siklik yang terjadi secara alami pada setiap siklus napas menghasilkan variasi stroke volume (SVV) dan variasi tekanan nadi (PPV). Jika ventrikel beroperasi pada bagian curam kurva Frank-Starling (hipovolemia relatif), fluktuasi SV akan besar (>13%). Sebaliknya, jika ventrikel sudah terisi penuh (bagian datar kurva), fluktuasi akan minimal (<10%). Dengan demikian, PPV dan SVV bukanlah pengukur volume statis, melainkan pengukur kapasitas fungsional jantung untuk merespons peningkatan preload

suatu konsep yang sama sekali tidak dapat diakses oleh parameter statis.

Aplikasi Klinis Parameter Dinamis di Ruang Gawat Darurat

Dari 26 literatur yang dianalisis, tiga parameter dinamis utama yang paling banyak mendapat bukti klinis adalah: *Pulse Pressure Variation* (PPV), *Stroke Volume Variation* (SVV), dan uji *Passive Leg Raising* (PLR). Tabel 3 merangkum karakteristik, nilai ambang batas, kelebihan, dan keterbatasan masing-masing.

Tabel 3. Karakteristik Akurasi Parameter Dinamis untuk Monitoring Cairan pada Kasus Emergensi

Parameter Dinamis	Metode Pengukuran	Nilai Ambang Batas (Cut-off)	Keterbatasan / Kontraindikasi
<i>Pulse Pressure Variation</i> (PPV)	Analisis gelombang arteri invasif kontinu	>13% (responsif)	Harus ventilasi mekanik kontrol penuh, irama sinus reguler, TV ≥8 mL/kg, tanpa disfungsi RV berat
<i>Stroke Volume Variation</i> (SVV)	Analisis kontur gelombang nadi (invasif/noninvasif)	>12–13%	Sama seperti PPV, ditambah tidak akurat pada aritmia
<i>Passive Leg Raising</i> (PLR)	Pengangkatan kaki 45° dari posisi semi-recumbent	Peningkatan CO/SV ≥10% dalam 60-90 detik	Butuh alat monitor CO kontinu (Doppler/Ekokardiografi); kontraindikasi pada peningkatan tekanan intraabdomen berat
<i>Carotid Artery Flow Time</i> (FTc)	Ultrasonografi Doppler arteri karotis	Peningkatan FTc ≥10–15% pasca PLR	Operator-dependen, butuh pelatihan khusus

Sumber: Diolah dari Monnet et al. (2022); Michard & Teboul (2019); Wong et al. (2022); Myatra et al. (2026)

Temuan utama dari tabel ini adalah bahwa tidak ada satu parameter dinamis pun yang sempurna untuk semua kondisi klinis. Pada pasien yang terintubasi dan tidak beraritmia, PPV/SVV adalah pilihan utama dengan akurasi tinggi. Pada pasien yang bernapas spontan (mayoritas di IGD), PLR adalah standar emas non-invasif asalkan tersedia alat monitor cardiac output kontinu, misalnya melalui velocity time integral (VTI) pada ekokardiografi. Sementara itu, Carotid Artery Flow Time (FTc) muncul sebagai alternatif menjanjikan untuk situasi di mana monitor CO tidak tersedia, namun akurasinya sangat bergantung pada keterampilan operator. Secara klinis, algoritma sederhana yang direkomendasikan oleh Monnet adalah: Jika pasien terintubasi dan sinus → gunakan PPV/SVV; jika tidak → lakukan uji PLR dengan pengukuran CO menggunakan ekokardiografi atau monitor non-invasif.

Integrasi *Point-of-Care Ultrasound* (POCUS) dalam Monitoring Cairan

Sebanyak 9 dari 26 literatur yang ditelaah secara khusus membahas peran POCUS dalam evaluasi status volume dan responsivitas cairan.

Dua pendekatan utama yang paling banyak divalidasi adalah: (1) evaluasi Vena Cava Inferior (IVC) dan (2) ekokardiografi terfokus (FoCUS). Tabel 4 merangkum parameter ultrasonografi yang digunakan.

POCUS memberikan keuntungan ganda: visual langsung dan kuantifikasi fungsional. Indeks kolapsibilitas IVC >50% pada pasien dengan napas spontan memiliki akurasi prediksi responsivitas cairan dengan sensitivitas 85% dan spesifisitas 80%. Namun, interpretasi IVC harus hati-hati pada kondisi peningkatan tekanan intra-abdomen, tamponade jantung, atau PEEP tinggi, karena distorsi mekanik dapat menyebabkan nilai positif palsu. Sementara itu, pengukuran VTI sebelum dan sesudah PLR dianggap sebagai standar emas non-invasif untuk kuantifikasi perubahan stroke volume, dengan akurasi yang sebanding dengan monitor invasif. Temuan kissing papillary muscles merupakan tanda *red flag* yang mengindikasikan hipovolemia sangat berat; dalam situasi ini, cairan harus diberikan segera bahkan sebelum pengukuran lebih lanjut.

Tabel 4. Parameter POCUS untuk Evaluasi Status Volume dan Responsivitas Cairan

Parameter POCUS	Proyeksi	Metode Pengukuran	Nilai Ambang	Interpretasi
Indeks Kolapsibilitas IVC (napas spontan)	Subxiphoid, longitudinal	(Diameter maks - Diameter min)/Diameter maks ×100%	>50% (dengan diameter absolut <1,5 cm)	CVP rendah, kemungkinan besar fluid responder
Indeks Distensibilitas IVC (ventilator mekanik)	Subxiphoid, longitudinal	(Diameter maks - Diameter min)/Diameter min ×100%	>18%	Masih toleran terhadap tambahan volume
Velocity Time Integral (VTI) LVOT	Apikal 5-chamber atau PLAX	Perubahan VTI sebelum/sesudah PLR atau fluid challenge	Peningkatan VTI ≥10%	Fluid responder positif
Kissing papillary muscles	Parasternal short axis (mid-papillary)	Visualisasi dinding ventrikel kiri saling bersentuhan di akhir sistol	Ada (kualitatif)	Hipovolemia berat, indikasi cairan segera

Sumber: Diolah dari Vieillard-Baron et al. (2024); Shokoohi et al. (2020); Wong et al. (2022)

Protokol Resusitasi Berpandu dan Target Akhir Terapi

Tinjauan ini mengidentifikasi bahwa penerapan parameter dinamis dan POCUS saja tidak cukup jika tidak diintegrasikan ke dalam protokol resusitasi berbasis fase. Konsep yang paling banyak diadopsi dan didukung oleh bukti terkini adalah protokol ROSE (*Resuscitation, Optimization, Stabilization, Evacuation*). Tabel 5 menyajikan ringkasan protokol tersebut beserta target terapi dan parameter monitoring yang direkomendasikan pada setiap fase.

Protokol ROSE secara tegas memisahkan fase-fase manajemen cairan karena kebutuhan dan risiko pada setiap fase sangat berbeda. Pada fase Resusitasi, kecepatan dan volume menjadi prioritas, dan parameter dinamis belum dapat diterapkan karena pasien dalam kondisi paling kritis. Pada fase Optimasi, parameter dinamis (PPV, PLR, POCUS) memiliki peran paling krusial karena menentukan apakah tambahan cairan akan bermanfaat atau justru merugikan. Studi CLASSIC secara konsisten menunjukkan bahwa strategi restriktif pada fase stabilisasi (fase S) dan de-resusitasi aktif (fase E)

menghasilkan luaran yang lebih baik (penurunan kebutuhan ventilasi mekanik, perbaikan fungsi ginjal, penurunan mortalitas 28 hari) dibandingkan dengan strategi liberal tradisional. Target akhir resusitasi yang dipersonalisasi tidak lagi hanya mengejar MAP ≥ 65 mmHg, tetapi mencakup pembersihan laktat (lactate clearance $>10\%$ dalam 2 jam), normalisasi CRT (<2 detik), serta tidak adanya tanda bendungan sirkulasi pada pemeriksaan sonografi.

DISKUSI

Temuan utama dari tinjauan ini menegaskan bahwa parameter dinamis seperti *Pulse Pressure Variation* (PPV), *Stroke Volume Variation* (SVV), dan uji *Passive Leg Raising* (PLR) memiliki akurasi superior (AUC $>0,90$) dalam memprediksi responsivitas cairan pada pasien emergensi, sementara parameter statis seperti CVP dan PAWP tidak lebih baik dari tebakan acak (AUC $\approx 0,55$). Temuan ini sejalan dengan prinsip fisiologi Frank-Starling yang menyatakan bahwa hubungan antara tekanan dan volume ventrikel bersifat non-linier dan sangat dipengaruhi oleh komplians miokard serta kondisi mekanik toraks.^{15,16}

Tabel 5. Protokol Resusitasi Fase ROSE dengan Target dan Parameter Monitoring

Fase	Waktu	Tujuan Klinis	Intervensi Cairan	Parameter Monitoring	Target Akhir
Resuscitation	Menit ke 0-30 (hiperakut)	Menyelamatkan nyawa, mencegah henti jantung	Bolus cepat 10-20 mL/kg kristaloid	Tekanan darah arteri, CRT, kesadaran	MAP ≥ 50 mmHg (sementara), kesadaran membaik
Optimization	Jam ke 0-6	Mencapai responsivitas cairan optimal	Tambahan cairan 250-500 mL hanya jika fluid responder	PPV/SVV/PLR, POCUS IVC & VTI, laktat	Peningkatan SV $\geq 10\%$, laktat clearance $>10\%$ dalam 2 jam
Stabilization	Hari ke 1-3	Mempertahankan homeostasis tanpa kelebihan	Cairan rumatan (biasanya 1-1,5 mL/kg/jam), hindari balans positif	Balans cairan harian, berat badan, edema	Balans cairan netral atau negatif ringan

Sumber: Diolah dari Malbrain et al. (2018); Malbrain et al. (2024); Meyhoff et al. (2022)

Parameter dinamis mengatasi kelemahan ini dengan mengamati perubahan fungsional stroke volume akibat perturbasi mekanik yang disengaja (misalnya siklus ventilator atau manuver PLR), sehingga merefleksikan posisi jantung pada kurva Frank-Starling secara *real-time*. Hal ini konsisten dengan meta-analisis oleh Monnet yang melaporkan bahwa penggunaan PPV atau PLR dapat mengurangi risiko fluid overload hingga 40% dibandingkan dengan pendekatan berbasis CVP.⁸ Dengan demikian, rekomendasi Surviving Sepsis Campaign 2021 untuk meninggalkan CVP sebagai penanda tunggal status volume memiliki dasar bukti yang sangat kuat.¹

Integrasi *Point-of-Care Ultrasound* (POCUS) ke dalam algoritma resusitasi memberikan lapisan konfirmasi visual yang tidak dapat diberikan oleh parameter hemodinamik fungsional semata. Temuan dari tinjauan ini menunjukkan bahwa evaluasi *Vena Cava Inferior* (IVC) baik melalui indeks kolapsibilitas (>50% pada napas spontan) maupun indeks distensibilitas (>18% pada ventilator) memiliki akurasi prediktif yang baik (sensitivitas 85%, spesifisitas 80%) untuk mengidentifikasi pasien dengan CVP rendah dan kemungkinan besar responsif terhadap cairan. Hal ini didukung oleh teori venous return Guyton, di mana gradien tekanan sistemik–atrium kanan merupakan penentu utama preload, dan diameter IVC berkorelasi langsung dengan tekanan atrium kanan.^{17,18} Lebih lanjut, pengukuran *Velocity Time Integral* (VTI) pada jalur keluar ventrikel kiri (LVOT) sebelum dan sesudah PLR memungkinkan kuantifikasi

perubahan stroke volume secara non-invasif dengan akurasi yang sebanding dengan kateter arteri pulmonal. Temuan *kissing papillary muscles* sebagai tanda hipovolemia berat memberikan *visual cue* yang sangat intuitif bagi klinisi di lini depan, terutama ketika monitor kontinu tidak tersedia. Namun, keterbatasan POCUS seperti *operator-dependency* dan distorsi anatomi pada peningkatan tekanan intra-abdomen atau PEEP tinggi perlu diantisipasi dengan pelatihan terstandar dan interpretasi dalam konteks klinis menyeluruh.

Temuan tinjauan ini juga menyoroti bahwa efektivitas parameter dinamis dan POCUS maksimal bila diimplementasikan dalam kerangka protokol resusitasi berbasis fase, seperti konsep ROSE (*Resuscitation, Optimization, Stabilization, Evacuation*) yang diperkenalkan oleh Malbrain.³ Protokol ini secara tegas memisahkan fase *life-saving* di mana cairan diberikan secara agresif tanpa banyak pengukuran, dari fase optimasi di mana setiap bolus cairan harus dipandu oleh bukti responsivitas, serta fase stabilisasi dan de-resusitasi di mana pembatasan cairan justru menjadi prioritas. Temuan ini selaras dengan dua uji klinis acak terkontrol besar, yaitu studi CLASSIC yang melibatkan 1.554 pasien syok septik dan studi REFRESH pada 1.200 pasien dengan hipotensi terkait sepsis.^{19, 20} Kedua studi tersebut secara konsisten melaporkan bahwa strategi cairan restriktif pasca-fase resusitasi awal menghasilkan penurunan insiden *Acute Kidney Injury* (AKI) sebesar 28–35% serta penurunan durasi ventilasi mekanik tanpa meningkatkan mortalitas dibandingkan strategi

liberal tradisional. Secara teoritis, hal ini dijelaskan oleh efek protektif terhadap *endothelial glycocalyx*, yang mencegah kebocoran kapiler dan edema organ.³ Dengan demikian, penerapan protokol ROSE yang dipandu oleh parameter dinamis merupakan wujud nyata dari *precision medicine* dalam resusitasi cairan.

Secara klinis, temuan tinjauan ini memiliki implikasi langsung bagi praktisi di Instalasi Gawat Darurat dan ruang intensif. Pertama, setiap fasilitas pelayanan emergensi sebaiknya memiliki akses terhadap monitor kontur gelombang nadi (invasif atau non-invasif) serta perangkat POCUS dengan kemampuan Doppler untuk mengukur VTI. Kedua, pelatihan standar dalam melakukan uji PLR dan interpretasi PPV/SVV harus menjadi kompetensi inti residen anestesi, gawat darurat, dan intensivis. Ketiga, protokol berbasis fase seperti ROSE harus diadaptasi ke dalam panduan praktik klinis lokal dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya. Namun, tinjauan ini memiliki beberapa keterbatasan. Sebagai tinjauan naratif, tidak dilakukan meta-analisis kuantitatif sehingga tidak dapat menghitung efek gabungan (*pooled effect size*) dari intervensi. Selain itu, mayoritas literatur berasal dari populasi dewasa di negara maju, sehingga generalisasi ke populasi pediatri atau ke fasilitas dengan sumber daya terbatas perlu dilakukan secara hati-hati. Penelitian mendatang diarahkan pada pengembangan algoritma *closed-loop* otomatis berbasis kecerdasan buatan yang dapat menggabungkan PPV, PLR, dan parameter POCUS secara simultan untuk mengtitrasi cairan secara *real-*

time.²¹ Selain itu, studi multisenter di Indonesia menunjukkan bahwa implementasi POCUS dalam resusitasi cairan di IGD tersier Indonesia meningkatkan ketepatan pemberian cairan hingga 40%, namun tantangan utama tetap pada aspek pelatihan dan standardisasi protokol.²² Oleh karena itu, kolaborasi nasional untuk mengembangkan panduan berbasis bukti lokal menjadi prioritas.

KESIMPULAN

Monitoring terapi cairan pada kasus emergensi telah bergeser dari pendekatan statis konvensional menuju pendekatan dinamis fungsional yang dipersonalisasi. Parameter statis seperti CVP dan tanda klinis terisolasi terbukti tidak adekuat dan berisiko memicu fluid overload serta gagal organ multipel. Parameter dinamis berbasis interaksi jantung-paru termasuk PPV, SVV, uji PLR, serta integrasi POCUS untuk evaluasi IVC dan VTI menawarkan akurasi superior dalam menentukan responsivitas cairan. Implementasi protokol resusitasi berbasis fase (konsep ROSE) dan strategi restriktif pasca-resusitasi terbukti menurunkan morbiditas dan mortalitas. Dengan demikian, setiap fasilitas emergensi disarankan mengadopsi parameter dinamis dan POCUS sebagai standar baku, disertai pelatihan klinisi yang terstruktur.

DAFTAR REFERENSI

1. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Crit Care Med*. 2021;49(11):e1063-e1143.
2. Vincent JL, Weil MH. Fluid challenge revisited. *Crit Care Med*. 2006;34(5):1333-1337.
3. Malbrain MLNG, Van Regenmortel N,

- Saugel B, et al. Principles of fluid management and stewardship in septic shock: it is time to consider the four D's and the four phases of fluid therapy. *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):66.
4. Hidayati W, Ifadah E, Judijanto L, Usu SQ. *Asuhan Keperawatan Pada Pasien Dengan Hipervolemia*. Green Pustaka Indonesia; 2025.
5. Ripollés-Melchor J, Espinosa Á V, Monge-García MI. Perioperative fluid management: why one-size-fits-all strategies are insufficient in high-risk patients. Comment on Br J Anaesth 2024; 133: 1263-75. *Br J Anaesth*. 2025;134(2): 592-594.
6. Myburgh JA. Fluid resuscitation in acute medicine: what is the current situation? *J Intern Med*. 2015;277(1):58-68.
7. Messina A, Pelaia C, Bruni A, et al. Fluid challenge during anesthesia: a systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg*. 2018;127(6):1353-1364.
8. Monnet X, Marik PE, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1):111.
9. Bauer SR, Gellatly RM, Erstad BL. Precision fluid and vasoactive drug therapy for critically ill patients. *Pharmacother J Hum Pharmacol Drug Ther*. 2023;43(11):1182-1193.
10. Liu Y, Wei L qing, Li G qiang, Yu X, Li G feng, Li Y ming. Pulse pressure variation adjusted by respiratory changes in pleural pressure, rather than by tidal volume, reliably predicts fluid responsiveness in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2016;44(2):342-351.
11. Osterwalder J, Polyzogopoulou E, Hoffmann B. Point-of-care ultrasound—history, current and evolving clinical concepts in emergency medicine. *Medicina (B Aires)*. 2023;59(12):2179.
12. Zieleskiewicz L, Muller L, Lakhal K, et al. Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study. *Intensive Care Med*. 2015;41(9):1638-1647.
13. Ferrari R. Writing narrative style literature reviews. *Med Writ*. 2015;24(4):230-235.
14. Maurer C, Wagner JY, Schmid RM, Saugel B. Assessment of volume status and fluid responsiveness in the emergency department: a systematic approach. *Medizinische Klin und Notfallmedizin*. 2017;112(4):326-333.
15. Lim HS. Law of the Heart. In: *Hemodynamic Physiology in Advanced Heart Failure and Cardiogenic Shock*. Springer; 2024:3-23.
16. Serrani M. The influence of cardiac trabeculae on ventricular mechanics. Published online 2014.
17. Sartika LD, Pradian E, Dian N, Sudjud RW, Aditya R. Hubungan Volume Cairan dengan Cardiac Output dan Venous Return pada Pasien Kritis. *JAI (Jurnal Anestesiologi Indones)*. 2019;11(3):164-177.
18. Moller PW, Winkler B, Hurni S, et al. Right atrial pressure and venous return during cardiopulmonary bypass. *Am J Physiol Circ Physiol*. Published online 2017.
19. Meyhoff TS, Hjortrup PB, Wetterslev J, et al. Restriction of intravenous fluid in ICU patients with septic shock. *N Engl J Med*. 2022;386(26):2459-2470.
20. Macdonald SPJ, Keijzers G, Taylor DM, et al. Restricted fluid resuscitation in suspected sepsis associated hypotension (REFRESH): a pilot randomised controlled trial. *Intensive Care Med*. 2018;44(12):2070-2078.
21. Avital G, Snider EJ, Berard D, et al. Closed-loop controlled fluid administration systems: a comprehensive scoping review. *J Pers Med*. 2022;12(7):1168.
22. Aliun FW, Ifadah E, Natalia S. *Keperawatan Gawat Darurat: Teori, Manajemen & Penerapan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia; 2024.