

## INDEKS KOLAPSIBILITAS (CI) SEBAGAI PREDIKTOR HIPOTENSI PADA PASIEN DENGAN ANESTESI UMUM

I Made Harry Pranata<sup>1</sup>, I Putu Pramana Suarjaya<sup>2</sup>, Putu Kurniyanta<sup>2</sup>, Made Septyana Parama Adi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Pendidikan Dokter Spesialis, Program Studi Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana, Denpasar

<sup>2</sup>Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana, Denpasar  
e-mail: hrpbuis2017@gmail.com

### ABSTRAK

Hipotensi saat operasi (IOH) penting untuk diidentifikasi di awal karena berkaitan dengan morbiditas dan mortalitas yang tinggi pada usia tua. Pengukuran ultrasonografi terhadap inferior vena cava collapsibility index (IVC CI) mampu mendeteksi respons volume pada syok sirkulasi. Tujuan penelitian ini untuk meneliti indeks kolapsibilitas (CI) sebagai prediktor terjadinya hipotensi pada pasien dengan pembiusan umum. Penelitian ini bersifat observasional dengan desain potong lintang pada pasien dewasa yang menjalani pembedahan elektif dengan pembiusan umum di RSUP Sanglah Desember 2021 hingga Januari 2022 dengan teknik consecutive sampling. Pada data, akan dilakukan uji normalitas, uji chi-square atau Fisher test untuk data kategorikal, dan korelasi Pearson atau Spearman untuk mengetahui hubungan antara nilai IVC CI dengan persentase penurunan MAP dari sebelum dan sesudah induksi. Pada penelitian ini, juga dilakukan analisis kurva ROC untuk uji diagnostik nilai IVC CI dalam memprediksi hipotensi. Pada nilai indeks kolapsibilitas (CI)  $\geq 47$  terdapat 29 pasien (96,7%) dengan hipotensi. Pada nilai indeks kolapsibilitas (CI)  $< 47$  terdapat 1 pasien (3,3%) dengan hipotensi dan 24 pasien (100%) tanpa hipotensi. Level cut off indeks kolapsibilitas (CI) didapatkan dengan Receiver Operating Curve (ROC), dibawah 0.985. Level cut off CI untuk hipotensi adalah 47.0 dengan sensitivitas 96,7% dan spesifisitas 100%. Terdapat hubungan yang signifikan antara IVC CI dengan penurunan MAP sebelum dan sesudah induksi pada menit ke 4,8, dan 10 ( $p < 0,05$ ). Nilai indeks kolapsibilitas (CI)  $\geq 50$  dapat dijadikan prediktor kejadian hipotensi pada pasien dengan pembiusan umum.

**Kata kunci :** hipotensi, indeks kolapsibilitas, pembiusan umum.

### ABSTRACT

Intraoperative hypotension (IOH) is important to identify early because it is associated with high morbidity and mortality in old age. Ultrasonographic measurement of the inferior vena cava collapsibility index (IVCCI) can detect volume responsiveness in circulatory shock. The purpose of this study was to examine the collapsibility index (CI) as a predictor of hypotension in patients under general anesthesia. This study was an observational cross-sectional design in adult patients who underwent elective surgery under general anesthesia at Sanglah General Hospital from December 2021 to January 2022 using a consecutive sampling technique. Immediate postinduction changes in systolic and mean blood pressure were compared. The performance of the IVC CI as a diagnostic tool for predicting hypotension (systolic pressure  $< 90$  mmHg or a  $\geq 30\%$  drop from the baseline) was evaluated by ROC curve analysis. At the point of collapsibility index (CI)  $\geq 47$ , there were 29 patients (96.7%) with hypotension. At the point of collapsibility index (CI)  $< 47$ , there was 1 patient (3.3%) with hypotension and 24 patients (100%) without hypotension. The cut-off level of collapsibility index (CI) is obtained with the Receiver Operating Curve (ROC) curve, below 0.985. The cut-off CI level for hypotension was 47.0 with a sensitivity of 96.7% and specificity of 100%. There is a significant relationship between IVC CI with a decrease in MAP before and after induction at 4,8, and 10 minutes ( $p < 0,05$ ). The collapsibility index (CI) 50 can be used as a predictor of the incidence of hypotension in patients under general anesthesia.

**Keywords :** hypotension, collapsibility index, general anesthesia.

## PENDAHULUAN

Hipotensi selama operasi dikenal sebagai hipotensi intraoperatif (IOH). Kondisi ini terjadi tidak hanya pada saat operasi tetapi juga segera setelah induksi anestesi umum dan sebelum sayatan operasi.<sup>1</sup> Insiden IOH bervariasi dari 5% sampai 99% karena tidak ada definisi yang pasti dari kondisi IOH.<sup>2</sup> Hipotensi intraoperatif penting untuk diidentifikasi secara dini karena berhubungan dengan tingginya morbiditas dan mortalitas pada usia lanjut.<sup>3</sup> Seseorang dianggap hipotensi jika indeks kolapsibilitas lebih dari atau sama dengan 50% dan dapat dilakukan koreksi cairan berdasarkan nilai tersebut. Kateterisasi vena sentral (CVC) adalah standar untuk mengukur tekanan vena sentral (CVP) dan tekanan atrium kanan (RAP), namun penggunaan rutin prosedur invasif seperti CVC dibatasi oleh risiko komplikasi seperti infeksi, trombosis akibat kateter, dan aritmia. Pengukuran IVC dengan USG telah dipelajari secara

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan desain cross-sectional pada pasien dewasa yang menjalani operasi elektif dengan anestesi umum di RSUP Sanglah pada bulan Desember 2021 sampai Januari 2022 dengan menggunakan teknik pengambilan sampel konsekutif. Pasien berusia 18-60 tahun, dengan status fisik ASA I-III yang menyetujui informed consent dan menjalani operasi elektif dengan anestesi umum dilibatkan dalam penelitian ini. Pasien yang memiliki riwayat penyakit pembuluh darah berat, angina tidak stabil, fraksi ejeksi kurang dari 40%, gangguan sistem saraf otonom, kesulitan bernapas, mengalami gangguan jiwa, tekanan darah rendah (MAP <65 mmHg), gangguan pernapasan berat, dan penggunaan obat antihipertensi diuretik. Dikecualikan dari penelitian. Semua pasien dipuasakan 8 jam sebelum operasi dan diberikan cairan pemeliharaan lewat infus. Pengumpulan data primer ini dilakukan peneliti, dengan tetap memperhatikan pencegahan COVID-19 seperti menggunakan masker dan mencuci tangan. Data demografi pasien meliputi usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, indeks massa tubuh, jenis operasi. Status fisik pasien didasarkan pada klasifikasi ASA. Seluruh hasil pengumpulan data ini dicatat pada formulir penelitian. Seluruh pasien sebelum operasi sudah dilakukan swab PCR COVID-19. Pasien menjalani pemeriksaan IVC dengan posisi terlentang dengan tempat tidur yang rata sesuai kriteria standar. Peneliti dan pasien masih memakai masker. Sebelum pemeriksaan, peneliti mencuci tangannya terlebih dahulu. Pasien yang merasa tidak nyaman dapat diberikan midazolam 0,01-0,05 mg/kg berat badan secara intravena. Para peneliti mengukur diameter IVC dengan USG (Mindray) menggunakan pendekatan transthoracic subkostal. Transduser USG ditempatkan di bawah prosesus xiphoid 1-2 cm di sebelah kanan garis tengah, penanda USG diarahkan ke sternal notch. IVC diukur 2 cm ke arah kaudal dari pembukaan vena hepatic di IVC. Diameter IVC diukur dari dinding IVC bawah ke atas atau sebaliknya.

ekstensif sebagai prediktor respons cairan dalam berbagai kondisi klinis dan beberapa penelitian menunjukkan bahwa diameter IVC maksimal (dIVCmax) dan CI merupakan indikator status volume intravaskular yang dapat diandalkan.<sup>4</sup> Insiden hipotensi yang sangat bervariasi karena tidak adanya definisi yang pasti berdasarkan indikator hemodinamik yang umum digunakan seperti mean arterial pressure (MAP) dan systolic blood pressure (SBP) menunjukkan perlunya indikator tambahan yang lebih objektif. Pemeriksaan pada IVC yang merupakan pemeriksaan cepat dan non invasif mungkin dapat menjawab kondisi tersebut sehingga penulis tertarik untuk meneliti indeks kolapsibilitas sebagai prediktor hipotensi pada pasien dengan anestesi umum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah CI dapat digunakan sebagai prediktor kejadian hipotensi pada pasien anestesi umum.

Pengukuran dilakukan untuk diameter terbesar (dIVC max) dan terkecil (dIVC min). Perhitungan indeks kolapsibilitas:  $(dIVC_{max} - dIVC_{min}) / dIVC_{max} \times 100\%$ . Jika diameter IVC tidak dapat ditentukan, pasien dikeluarkan dari penelitian. Pengukuran dilakukan oleh peneliti yang telah mendapat pelatihan USG dan ekokardiografi. Pengukuran memakan waktu sekitar 10-15 menit.

Pasien kemudian dibawa ke ruang operasi, dan dipasang monitor tekanan darah, saturasi, dan denyut nadi. Hemodinamik sebelum induksi dicatat oleh peneliti. Pra-oksigenasi dengan fraksi O<sub>2</sub> 100% dengan aliran 6-8 liter per menit selama 3 menit. Pasien diinduksi dengan propofol 1-2 mg/kg berat badan secara intravena, analgesik fentanil 2-3 mcg/kg berat badan secara intravena, kemudian obat pelumpuh otot atracurium 0,5 mg/kg berat badan secara intravena. Hemodinamik dicatat selama 10 menit setelah induksi, dan dilanjutkan pengukuran indeks kolapsibilitas. Pasien dikatakan hipotensi bila terjadi penurunan 30% dari nilai awal, MAP <65 mmHg, tekanan darah sistolik <90 mmHg. Jika terjadi hipotensi, diberikan cairan tambahan dan bila perlu diberikan efedrin 5 mg intravena. Data yang telah dikumpulkan, kemudian dilakukan uji normalitas. Uji Chi-Square atau uji Fisher untuk data kategorikal, dan korelasi Pearson atau Spearman untuk mengetahui hubungan nilai IVC CI dengan persentase penurunan MAP sebelum dan sesudah induksi. Pada penelitian ini juga dilakukan analisis kurva Receiver Operating Curve (ROC) untuk menguji nilai diagnostik IVC CI dalam memprediksi hipotensi.

## HASIL

Jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 54 orang, terdiri dari 21 (38,9%) laki-laki dan 33 (61,1%) perempuan. Sampel penelitian mempunyai nilai ASA yang dikelompokkan menjadi 3 kelompok, dimana kelompok terbesar adalah ASA 2 (64,8%) dan kelompok terkecil adalah ASA 3 (5,6%). Sampel penelitian menurut riwayat hipertensinya dikelompokkan menjadi 2 kelompok, dimana

mayoritas kelompok tidak mempunyai riwayat hipertensi yang berjumlah 45 orang (83,3%). Sampel penelitian menurut kejadian hipotensi dikelompokkan menjadi 2 kelompok, dimana kelompok yang mengalami hipotensi

terbanyak sebanyak 30 orang (55,6%) (Tabel 1). Berdasarkan data karakteristik umur diketahui pasien tertua berusia 60 tahun dan termuda berusia 16 tahun dengan rata-rata usia 43,18 tahun (Tabel 2).

**Tabel 1.** Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin, ASA, riwayat hipertensi, dan hipotensi

Kategori	Jumlah Total (Pasien)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	21	38,9
Perempuan	33	61,1
ASA		
ASA 1	16	29,6
ASA 2	35	62,8
ASA 3	3	5,6
Riwayat Hipertensi		
Tidak	45	83,3
Ya	9	16,7
Hipotensi		
Tidak	24	44,4
Ya	30	55,6

**Tabel 2.** Karakteristik sampel berdasarkan umur, IMT, diameter IVC maksimal, diameter IVC minimal, dan indeks kolapsibilitas

Karakteristik	Jumlah Total (Pasien)	Min	Maks	Mean	SD
Umur (tahun)	54	16	60	43.18	11,4
IMT (kg/m <sup>2</sup> )	54	18.10	32	22.84	3,11
Diameter IVC Maksimal (cm)	54	0.76	2.24	1.35	0.32
Diameter IVC Minimal (cm)	54	0.36	1.67	0.76	0.25
Indeks Kolapsibilitas (CI) (%)	54	27	56	44.24	8,83

Berdasarkan uji normalitas diperoleh umur, BMI, diameter IVC maksimum dan diameter IVC minimum berdistribusi normal, sedangkan CI dan persentase penurunan MAP sebelum dan sesudah induksi tidak berdistribusi normal. Pengolahan data dilakukan untuk menentukan titik potong indeks kolapsibilitas (CI) pada

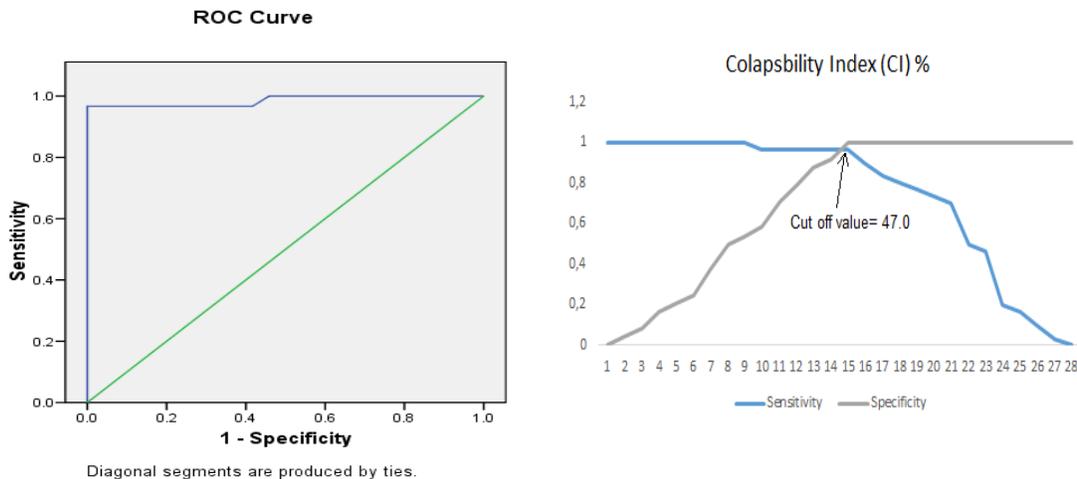
pasien hipotensi. Terdapat 29 pasien (53,7%) dengan CI 47 dan 25 pasien (46,3%) dengan CI < 47. Pada indeks kolapsibilitas (CI) 47 terdapat 29 pasien (96,7%) dengan hipotensi. Pada nilai indeks kolapsibilitas (CI) < 47, terdapat 1 pasien (3,3%) yang mengalami hipotensi dan 24 pasien (100%) tanpa hipotensi (Tabel 3).

**Tabel 3.** Tabulasi silang antara indeks kolapsibilitas (CI) dan hipotensi

Kategori	Hipotensi		Total
	Ya	Tidak	
CI > Cut-off	29 96,7%	0 0%	29 53,7%
CI < Cut-off	1 3,3%	24 100%	25 46,3%
Total	30 100%	24 100%	54 100%

Tingkat cut off CI diperoleh dengan kurva ROC dibawah 0,985. Nilai batas CI untuk hipotensi adalah 47,0 dengan sensitivitas 96,7% dan spesifisitas 100%. Terdapat hubungan yang bermakna antara IVC CI dengan penurunan

MAP sebelum dan sesudah induksi pada menit ke 4,8, dan 10 (p<0,05) (Gambar 1). Memuat hasil tentang penelitian yang dilakukan.



**Gambar 1.** Indeks kolapsibilitas (CI) kurva ROC

Berdasarkan hasil analisis data deskriptif diketahui data CI mempunyai distribusi tidak normal dengan uji Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,03. Uji Mann-Whitney dilakukan terhadap penurunan MAP sebelum dan sesudah induksi. Hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan MAP

yang signifikan pada menit ke-4, menit ke-8, dan menit ke-10. Sedangkan pada menit ke-2 dan menit ke-6 penurunan MAP tidak signifikan secara statistik. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

**Tabel 4.** Korelasi indeks kolapsibilitas (CI) dan penurunan dalam MAP

Variabel	Kelompok	Mean ± SD	Median (IOQ)	PP
Perbedaan MAP menit ke-2	≥ 47.00	-10.0 ± 124.84	15 (15)	..371
	< 47.00	9.0400 ± 8.35	8 (14)	
Perbedaan MAP menit ke-4	≥ 47.00	19.8276 ± 9.78	20 (10)	..022
	< 47.00	12.4400 ± 10.14	15 (16)	
Perbedaan MAP menit ke-6	≥ 47.00	20.9310 ± 13.65	23 (15.5)	..099
	< 47.00	15.0800 ± 10.85	18 (18.5)	
Perbedaan MAP menit ke-8	≥ 47.00	24.4483 ± 11.95	24 (19)	..020
	< 47.00	15.3200 ± 11.89	17 (20.5)	
Perbedaan MAP menit ke-10	≥ 47.00	23.1379 ± 10.67	24 (16.5)	..038
	< 47.00	15.7600 ± 11.92	14 (23.5)	

## PEMBAHASAN

Pada variabel usia, rata-rata usia pasien adalah 43,18 tahun. Rerata usia pasien yang serupa juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Salama dan Elakashlan yang mengkaji evaluasi IVC CI pra operasi sebagai prediktor hipotensi pasca anestesi spinal dengan rata-rata usia pasien  $49 \pm 5$  tahun.<sup>5</sup> Terdapat 29,6% responden dengan ASA 1, 64,8% dengan ASA 2, dan 5,6% dengan ASA 3. Variabel ASA pada penelitian yang dilakukan oleh Salama ER juga mendapatkan hasil serupa yaitu

skor ASA 2 merupakan kelompok terbesar dalam penelitian tersebut.<sup>5</sup>

Pada nilai CI 47 terdapat 29 pasien (96,7%) yang mengalami hipotensi. Pada nilai CI < 47, terdapat 1 pasien (3,3%) yang mengalami hipotensi dan 24 pasien (100%) tanpa hipotensi. Hal ini menunjukkan bahwa indeks kolapsibilitas dapat menjadi prediktor hipotensi pada pasien yang menjalani anestesi umum. Pasien yang memiliki CI 47 dapat diberikan terapi cairan sebelum operasi, sehingga mencegah hipotensi saat anestesi. Penurunan angka kejadian hipotensi diharapkan dapat menurunkan angka

kejadian morbiditas dan mortalitas pasca operasi. Nilai AUC sebesar 0,985 yang tergolong sangat kuat, dimana CI 47 sudah pasti menyebabkan hipotensi. Sensitivitas sebesar 96,7% dan spesifisitas sebesar 100% menjadikan CI akurat dalam menentukan kejadian hipotensi. Pengukuran CI diharapkan dapat dijadikan pertimbangan ahli anestesi, sebagai prosedur anestesi dalam mencegah hipotensi.

Hasil serupa dijelaskan oleh penelitian Zhang dan Critchley yang meneliti 104 pasien menunjukkan bahwa pengukuran IVCCI menggunakan USG preoperatif mempunyai nilai prediksi yang baik terhadap hipotensi yang terjadi setelah induksi anestesi umum, dengan nilai cut off CI optimal sebesar 43% memiliki sensitivitas sebesar 78,6% dan spesifisitas 91,7%.<sup>6</sup> Penelitian Jothiprakash dkk mendapatkan hasil yang sama yaitu pengukuran IVC CI memiliki reliabilitas yang tinggi dalam memprediksi hipotensi setelah induksi anestesi umum dan nilai CI lebih dari 40% signifikan menyebabkan hipotensi setelah diinduksi anestesi umum menggunakan propofol.<sup>7</sup>

Sebuah studi observasional prospektif serupa membandingkan efek hemodinamik dari induksi anestesi umum dengan propofol pada kelompok pasien yang ditentukan oleh adanya kolaps vena (IVC CI 50%). Nilai diagnostik skor IVC CI dievaluasi pada pasien yang diprediksi mengalami hipotensi pasca induksi dengan anestesi umum. Ditemukan bahwa nilai IVC CI yang tinggi dikaitkan dengan perubahan tekanan darah sistolik. Hal ini serupa dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa IVC CI dapat mendeteksi perubahan volume darah.<sup>8</sup>

Adanya perbedaan hasil antar penelitian dapat disebabkan oleh perbedaan jenis anestesi (umum dan regional), populasi, dan jenis pembedahan. Selain itu, vena kava inferior (IVC) merupakan pembuluh darah yang besar sehingga diameternya dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik.<sup>9</sup> Perubahan tekanan intrathoracic dan cara bernafas dapat mempengaruhi diameter IVC secara signifikan.<sup>10</sup>

Berdasarkan analisis Mann-Whitney mengenai korelasi IVC CI dengan penurunan mean arterial pressure (MAP) sebelum dan sesudah induksi diperoleh hasil bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara IVC CI dengan persentase penurunan MAP yang signifikan pada menit ke-4, menit ke-8 dan menit ke-10. Pada subjek penelitian terjadi penurunan setiap menitnya yang dipengaruhi oleh beberapa hal. Subyek penelitian yang mempunyai nilai CI lebih tinggi diatas 50%, cenderung lebih hipotensi dibandingkan CI dibawah 50%. Semakin tinggi nilai CI maka semakin tinggi pula kemungkinan terjadinya hipotensi. Penurunan MAP pada menit ke-4, menit ke-8, dan menit ke-10 berhubungan dengan lama kerja obat anestesi itu sendiri. Hal serupa juga ditemukan pada penelitian Kawasaki et al, dimana sebagian besar subjek terjadi pada menit ke-5 dan ke-10 yang berhubungan dengan durasi efek anestesi. Kejadian hipotensi pasca induksi juga dipengaruhi oleh usia di atas 50 tahun, kecukupan cairan pasien, hipotensi sebelum induksi, dan jumlah propofol yang digunakan.<sup>1</sup>

Hasil serupa juga ditemukan dalam penelitian Jie Zhang dkk. yang meneliti pengukuran IVC pra operasi sebagai prediktor hipotensi dengan anestesi umum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CI positif terhadap penurunan MAP (p value 0,27). Pada penelitian ini terdapat 42 pasien dengan CI di atas 50% yang

mengalami penurunan MAP di bawah 60 mmHg.<sup>6</sup> Studi lain yang meneliti pemeriksaan USG IVC sebagai prediktor hipovolemia pra operasi juga menunjukkan bahwa CI memiliki hubungan positif dengan penurunan MAP.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, peneliti tidak mengevaluasi reliabilitas hasil pengukuran IVC. Kedua, peneliti tidak dapat mengukur IVC CI secara akurat setelah pasien diinduksi karena ventilasi pasien berubah dari ventilasi spontan menjadi ventilasi tekanan positif. Pemberian PEEP selama ventilasi tekanan positif meningkatkan dimensi IVC selama inspirasi dan ekspirasi. Peningkatan IVC menyebabkan penurunan IVC. Semakin tinggi PEEP yang diberikan maka semakin rendah IVC seseorang. Pada penelitian Zhang et al tidak dijelaskan seberapa signifikan penurunan IVC sebelum dan sesudah induksi.<sup>6</sup> Selain itu, jenis operasi yang berbeda juga dapat mempengaruhi hasil penelitian ini, namun dengan berbedanya jenis operasi yang terlibat dalam penelitian ini, maka hasil penelitian ini dapat mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan dan dapat memberikan hasil yang lebih umum.

## SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mendeskripsikan karakteristik kejadian hipotensi pada anestesi umum, dengan mengukur indeks kolapsibilitas (CI) sebelum operasi. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa indeks kolapsibilitas (CI) 50 dapat digunakan sebagai prediktor terjadinya hipotensi pada pasien anestesi umum.

Saran dari penulis adalah pada pasien dengan indeks kolapsibilitas (CI) 50, terapi cairan dapat diberikan untuk mencegah hipotensi saat anestesi umum. Penelitian lebih lanjut diperlukan pada populasi lain seperti kasus kegawat daruratan dan pada pasien sakit kritis.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kawasaki, S., Kiyohara, C., Tokunaga, S., & Hoka, S. Prediction of hemodynamic fluctuations after induction of general anesthesia using propofol in non-cardiac surgery: A retrospective cohort study. *BMC Anesthesiology*. 2018;18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12871-018-0633-2>.
2. Bijker, J. B., Persoon, S., Peelen, L. M., Moons, K. G. M., Kalkman, C. J., Kappelle, L. J., & Van Klei, W. A. Intraoperative hypotension and perioperative ischemic stroke after general surgery, a nested case-control study. *Anesthesiology*. 2012;116(3), 658–664. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3182472320>.
3. Salmasi, V., Maheshwari, K., Dongsheng, Y., Mascha, E. J., Singh, A., Sessler, D. I., & Kurz, A. Thresholds , and Acute Kidney and Myocardial Injury after Noncardiac Surgery A Retrospective Cohort Analysis. *Anesthesiology*. 2017;126(1), 47–65.
4. Yildizdas, D., & Aslan, N. Ultrasonographic inferior vena cava collapsibility and distensibility indices for detecting the volume status of critically ill pediatric patients. *Journal of Ultrasonography*. 2020;20(82), e205–e209. <https://doi.org/10.15557/JoU.2020.0034>.

5. Salama ER, Elakashlan M. Pre-operative ultrasonographic evaluation of inferior vena cava collapsibility index and caval aorta index as new predictors for hypotension after induction of spinal anaesthesia: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2019;36(4). doi:10.1097/EJA.0000000000000956.
6. Zhang, J., & Critchley, L. A. H. Inferior vena cava ultrasonography before general anesthesia can predict hypotension after induction. *Anesthesiology.* 2016;124(3), 580–589. <https://doi.org/10.1097/ALN.000000000000100>.
7. Jothiprakash, V. K., Parameswari, R., & Udayakumar, P. Inferior Venacaval Ultrasonography to Detect Pre-Operative Hypovolemia as a Predictor of Postinduction Hypotension. *Journal of Anesthesia & Clinical Research.*2021;12:1014
8. Szabó M, Bozó A, Darvas K, Horváth A, Iványi ZD. Role of inferior vena cava collapsibility index in the prediction of hypotension associated with general anesthesia: An observational study. *BMC Anesthesiol.* 2019;19(1). doi:10.1186/s12871-019-0809-4.
9. Kimura BJ, Dalugdugan R, Gilcrease GW, Phan JN, Showalter BK, Wolfson T. The effect of breathing manner on inferior vena caval diameter. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12(2). doi:10.1093/ejehocard/jeq157.
10. Laborda A. Influence of breathing movements and Valsalva maneuver on vena caval dynamics. *World J Radiol.* 2014;6(10). doi:10.4329/wjr.v6.i10.833.