

PENELITIAN

PERBANDINGAN PENGUKURAN CARDIAC OUTPUT, CARDIAC INDEX, DAN SYSTEMIC VASCULAR RESISTANCE ANTARA MENGGUNAKAN NON-INVASIVE CARDIOMETRY (ICON®) DAN PRESSURE-RECORDING ANALYTIC METHOD (MOST-CARE®) PADA PASIEN PASCAOPERASI MAYOR DI RSUP DR. SARDJITO YOGYAKARTA

Daniswara¹, Calcarina Fitriani Retno Wisudarti^{1*}, Juni Kurniawaty¹

¹Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, danKeperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponden author : Calcarina Fitriani Retno Wisudarti, Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, danKeperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia (wisudartil@yahoo.com)

Article Citation : Daniswara, Calcarina Fitriani Retno Wisudarti, Juni Kurniawaty. Perbandingan Pengukuran Cardiac Output, Cardiac Index, Dan Systemic Vascular Resistance Antara Menggunakan Non-Invasive Cardiometry (Icon®) Dan Pressure-Recording Analytic Method (Most-Care®) Pada Pasien Pascaoperasi Mayor Di Rsup Dr. Sardjito Yogyakarta. Jurnal Komplikasi Anestesi 8(3)-2021.

ABSTRAK

Latar belakang: *Pulmonary Artery Catheter (PAC)* merupakan standar emas untuk pemeriksaan *cardiac output (CO)*, *cardiac index (CI)*, dan *systemic vascular resistance (SVR)*, akan tetapi pemasangan PAC sangatinvasif sehingga muncul komplikasi. Saat ini dikembangkan metode yang kurang invasif berupa *Most-Care® (pressure recording analytical method (PRAM))* dan tidak invasif *ICON® (electrical cardiometry (EC))*.

Metode: Penelitian observasional prospektif. Sampel penelitian adalah pasien dewasa yang dirawat di ICU RSUP Dr. Sardjito dengan usia ≥ 18 tahun, pascaoperasi mayor yang terpasang *arterial line* dan *central venous catheter (CVC)*. Nilai CO, CI, dan SVR diukur pada jam pertama setelah pasien datang di ICU dengan menggunakan *ICON®* dan *Most-Care®*. Data dianalisis dengan *paired t test* untuk mengetahui signifikansiperbedaan kedua alat.

Hasil: Dari 49 populasi sampel, 23 pasien memenuhi kriteria inklusi sedangkan 26 pasien masuk ke dalam kriteria eksklusi karena adanya CHF, obesitas, *atrial fibrilasi*, takikardi, bradikardi, dan operasi bedah *thorax*. CO dan CI pada *ICON®* dibandingkan dengan *Most-Care®* tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p > 0,05$). SVR pada *ICON®* dan *Most-Care®* pada kategori tinggi tidak menunjukkan perbedaan bermakna ($p = 0,667$), tetapi pada kategori normal menunjukkan perbedaan bermakna $p = 0,015$.

Kesimpulan: Perbandingan pengukuran CO dan CI antara *ICON®* dan *Most-Care®* menunjukkan hasil tidak berbeda bermakna dengan $p > 0,05$, tetapi pada kategori SVR normal menunjukkan perbedaan yang bermakna dengan $p < 0,05$.

Kata kunci: *cardiac index; cardiac output, electrical cardiometry; Pressure Recording Analytic Method; systemic vascular resistance*

ABSTRACT

Background: Pulmonary Artery Catheter (PAC) is the gold standard for examining cardiac output (CO), cardiac index (CI), and systemic vascular resistance (SVR), however, PAC insertion is very invasive, causing complications. A less invasive method is currently being developed in the form of Most-Care® (pressure recording analytical method (PRAM)) and non-invasive ICON® (electrical cardiometry (EC)).

Methods: The study sample was adult patients who were treated in the ICU Dr. Sardjito with age ≥ 18 years, post major surgery with an arterial line and central venous catheter (CVC). CO, CI, and SVR values were measured at the first hour after the patient arrived at the ICU using ICON® and Most-Care®. Collected data were processed and analyzed to compare between two of them using paired t-test.

Results: From a total population of 49 patients, 23 subjects met the inclusion criteria, and the remaining 26 subjects were eliminated due to CHF, obesity, atrial fibrillation, tachycardia, bradycardia, and thoracic surgery. CO and CI of ICON® and Most-Care® are not significantly different ($p > 0.05$). High SVR of ICON® and Most-Care® are not significantly different ($p = 0.667$), but showed a significant difference in normal SVR $p = 0.015$.

Conclusion: The measurement of CO and CI between ICON® and Most-Care® showed no significant difference ($p > 0.05$), but showed a significant difference ($p = 0.015$) in the normal SVR category.

Keywords: cardiac index; cardiac output, electrical cardiometry; Pressure Recording Analytic Method; systemic vascular resistance

PENDAHULUAN

Pasien yang dirawat di ICU umumnya menderita kegagalan organ atau mempunyai risiko kegagalan organ, termasuk pasien setelah operasi mayor. Dibutuhkan pemeriksaan dan pemantauan klinis dari parameter vital dasar. Akan tetapi, ketika itu gagal dibutuhkan peningkatan pemantauan hemodinamik sebagai pedoman dalam manajemen cairan dan *vasopressor/inotropik*.¹ Teknik standar untuk pemantauan *cardiac output* (CO) di ICU didasarkan pada pemantauan *thermodilusi intermiten* dengan *pulmonary artery catheter* (PAC), namun berhubungan dengan risiko besar. Teknik yang ideal adalah yang reliabel, non invasif, berkelanjutan, *cost effective* dan tidak bergantung dengan pengguna, serta respon yang cepat dalam mendeteksi perubahan hemodinamik.^{2,3}

Pressure Recording Analytic Method/PRAM (Most-Care[®]) mengukur CO dan CI dari analisis profil gelombang tekanan yang didapatkan dari kateter arteri. Pengukuran CO dan CI dengan menggunakan PRAM mempunyai hasil yang signifikan mendekati dengan PAC. Penelitian pada 28 pasien *coronary artery bypass graft* (CABG) dengan analisis Bland-Altman menunjukkan bahwa estimasi CO yang diukur PRAM sesuai dengan PAC. Penelitian oleh Romano *et al* (2006) membandingkan PRAM-CO dan ThD-CO pada 50 pasien jantung. Nilai yang dihasilkan adalah akurat bila dibandingkan dengan standar emas.^{4,5}

Penggunaan ICON[®] dapat dipercaya, non invasif, memberikan estimasi CO setiap denyut jantung dan data *thermodinamik* lain pada pasien dengan berbagai macam defek jantung. Pada penelitian pengukuran CO dengan ICON[®] dibandingkan PAC pada 25 pasien CABG didapatkan korelasi yang baik diantara keduanya. Pengukuran CO dengan ICON[®] dibandingkan PAC pada 50 pasien penyakit jantung rematik yang menjalani kateterisasi jantung didapatkan korelasi yang baik diantara keduanya.⁶⁻⁸

METODE PENELITIAN

Penelitian observasional deskriptif ini dilakukan dari 10 Juli 2020 hingga 10 September 2020 di ICU RSUP dr. Sardjito dengan sampel

pasien post operasi mayor selain bedah toraks, yang berumur ≥ 18 tahun dan terpasang CVC dan kateter arteri. Kriteria eksklusi meliputi pasien dengan regurgitasi aorta berat, edema anasarka berat, obesitas, emfisema subkutis regio toraks, CHF, dan aritmia. Kriteria *drop out* apabila pasien atau keluarga pasien menarik diri dari penelitian, pasien yang meninggal dunia sebelum data terambil, aritmia yang tidak ada sebelumnya, tidak bisa diukur CVP dan kateter arteri karena *dumping* atau *clotting*, dan sinyal ICON[®] yang tidak cukup kuat. Data nilai CO, CI, dan SVR diperoleh dari ICON[®] dan Most-Care[®]. Uji *t* berpasangan dengan menggunakan software IBM SPSS versi 26 untuk mengetahui perbandingan nilai antara kedua alat bermakna atau tidak.

HASIL

Jumlah populasi sampel yang didapatkan sebanyak 49 pasien. Adapun sampel yang memenuhi kriteria inklusi sebanyak 23 pasien sedangkan sisanya sebanyak 26 pasien masuk kedalam kriteria eksklusi karena adanya komorbid penyakit CHF, obesitas, fibrilasi atrial, takikardi, bradikardi, dan operasi bedah toraks. Tidak ada sampel yang masuk dalam kriteria *drop out* dalam penelitian ini. Karakteristik subjek penelitian disajikan pada tabel 1. Dilakukan pengukuran CO, CI, dan SVR secara umum antara ICON[®] dan Most-Care[®] pada tabel 2, di mana didapatkan hasil yang tidak berbeda bermakna dengan nilai $p > 0,05$. Akan tetapi, karena selisih yang cukup banyak pada nilai SVR antara ICON[®] dan Most-Care[®], maka dilakukan analisis berdasarkan kategori rendah, normal, dan tinggi pada CO, CI, dan SVR untuk menilai apakah ada perbedaan dari setiap kategori. Analisis dilakukan pada tabel 3.

Didapatkan bahwa CO dan CI ICON[®] pada semua kategori dibandingkan CO dan CI Most-Care[®] secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna dengan nilai $p > 0,05$. Akan tetapi, pada kategori rendah dan tinggi jumlah sampel yang sedikit yaitu masing-masing 2 sampel, tidak dapat mewakili dari setiap kategori tersebut sehingga tidak dapat disimpulkan CO dan CI pada kategori rendah dan tinggi tidak berbeda bermakna, sedangkan SVR ICON[®] pada kategori SVR tinggi

dibandingkan Most-Care® tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna $p=0,667$. Tetapi pada kategori SVR normal pada Most-Care® dibandingkan dengan ICON® menunjukkan

perbedaan yang bermakna dengan nilai $p=0,015$ ($p<0,05$). Pada SVR kategori rendah tidak dapat dilakukan analisis karena jumlah sampel yang tidak mencukupi.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

		n	Mean±SD	Presentase
Umur (th)			44,1±13,37	
Jenis kelamin	Laki-laki	12		52,2%
	Perempuan	11		47,8%
BB (kg)			63,3±11,6	
TB (cm)			161,5±6,8	
BMI (kg/m ²)	<18,5	3		13,0%
	18,5-24,9	12		52,2%
	>24,9	8		34,8%
BSA (m ²)			1,67±0,17	
Jenis Operasi	Bedah Saraf	15		68,2%
	Obsgyn	2		9,1%
	Urologi	3		13,6%
	Orthopedi	2		9,1%
Tekanan Darah	Hipotensi	0		0%
	Normotensi	13		56,5%
	Pre Hipertensi	1		4,3%
	Hipertensi grade 1	5		21,7%
	Hipertensi grade 2	4		17,4%
MAP (mmHg)			90,4±17,4	
Denyut Jantung (kali/menit)	<60	3		13,0%
	60-100	18		78,3%
	>100	2		8,7%
Laju Nafas (kali/menit)			15,5±1,6	
CVP (mmHg)			5,0±3,1	
Vasopresor	Ya	0		0%
	Tidak	23		100%
Inotropik	Ya	0		0%
	Tidak	23		100%
Ventilasi Mekanik	Ya	19		82,6%
	Tidak	4		17,4%
Cairan Masuk (ml)			3787,4±1752,9	
Cairan Keluar (ml)			3456,0±2087,6	
Balance Cairan (ml)			329,3±752,1	
Lama anestesi (menit)			396,3±111,9	

BB: berat badan, TB: tinggi badan, BMI: *body mass index*, BSA: *body surface area*, MAP: *mean arterial pressure*, CVP: *central venous pressure*

Tabel 2. Perbandingan CO, CI, dan SVR antara ICON® dan Most-Care®

	ICON®	Most-Care®	p
<i>Cardiac Output</i> (L/menit)	4,97 ± 1,37	5,28 ± 1,07	0,229
<i>Cardiac Index</i> (L/menit/m ²)	2,98 ± 0,85	3,19 ± 0,79	0,206
SVR (dyne.sec. cm ⁻⁵)	1536,4 ± 527,4	1339,8 ± 265,5	0,069

SVR: *systemic vascular resistance*, *paired t test*, bermakna jika $p<0,05$

Tabel 3. Perbandingan Kategori CO, CI, dan SVR antara ICON® dan Most-Care®

		n	ICON® Mean±SD	Most-Care® Mean±SD	p
Cardiac Output (L/menit)	Rendah	2	3,3 ± 0,5	3,8 ± 0,1	0,338
	Normal	21	5,1 ± 1,3	5,4 ± 1,0	0,297
	Tinggi	-	-	-	-
Cardiac Index (L/menit/m ²)	Rendah	2	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,0	0,500
	Normal	19	3,0 ± 0,8	3,1 ± 0,4	0,521
	Tinggi	2	4,0 ± 1,1	5,3 ± 0,1	0,314
SVR (dyne.sec. cm ⁻⁵)	Rendah	1	1192 ± 0	694 ± 0	-
	Normal	13	1459,1 ± 365,8	1223,1 ± 130,1	0,015*
	Tinggi	9	1686,3 ± 717,2	1579,9 ± 171,5	0,667

SD: standar deviasi, SVR: systemic vascular resistance, *) bermakna jika p<0,05, Paired t test

Tabel 4. Hubungan BB, TB, BMI, denyut jantung, dan tekanan darah dengan pengukuran CO

		Mean±SD	CO ICON® Mean±SD	p	CO Most-Care® Mean±SD	p
BB (Kg)		63,3±11,6	4,97 ± 1,37	0,517	5,28 ± 1,07	0,629
TB (cm)		161,5±6,8		0,757		0,758
BMI (Kg/m ²)	<18,5		4,1±1,7	0,655	4,4±1,0	0,291
	18,5-24,9		5,1±1,6		5,6±1,2	
	>=25		5,0±1,0		5,1±0,7	
Denyut jantung (Denyut/menit)	<60		3,2±0,3	0,012*	4,5±1,1	0,368
	60-100		5,0±1,1		5,3±1,1	
	>100		7,0±2,4		6,0±0,4	
Tekanan Darah	Normal		4,6±1,0	0,135	5,0±1,0	0,108
	Pre Hipertensi		2,9±0		3,7±0	
	Hipertensi grade I		5,7±0,8		6,0±1,0	
	Hipertensi grade II		5,6±2,3		5,7±0,9	

BB: berat badan, TB: tinggi badan, BMI: body mass index, SD: standar deviasi, CO: cardiac output, *) bermakna jika p<0,05, One Way Anova

Tabel 5. Hubungan BB, TB, BMI, denyut jantung dan tekanan darah dengan pengukuran CI

		Mean±SD	CI ICON® Mean±SD	p	CI Most-Care® Mean±SD	p
BB (Kg)		63,3±11,6	2,98 ± 0,85	0,382	3,19 ± 0,79	0,025*
TB (cm)		161,5±6,8		0,170		0,083
BMI (Kg/m ²)	<18,5		2,9±1,2	0,638	2,9±0,3	0,160
	18,5-24,9		3,1±1,0		3,5±0,9	
	>=25		2,8±0,6		2,8±0,4	
Denyut jantung (Denyut/menit)	<60		2,0±0	0,046*	2,9±0,2	0,697
	60-100		3,0±0,8		3,2±0,9	
	>100		4,1±1,1		3,6±0,1	
Tekanan Darah	Normal		2,8±0,7	0,327	3,0±0,8	0,583
	Pre Hipertensi		2,0		2,7	
	Hipertensi grade I		3,4±0,9		3,6±1,0	
	Hipertensi grade II		3,3±1,3		3,3±0,7	

BB: berat badan, TB: tinggi badan, BMI: body mass index, SD: standar deviasi, CI: cardiac index, *) bermakna p<0,05, One Way Anova

Berdasarkan tabel 4 tidak ada hubungan yang signifikan antara BB, TB, dan BMI dengan CO baik ICON® maupun Most-Care® (p>0,05). Nilai CO berdasarkan pemeriksaan dengan ICON® tertinggi adalah pada denyut jantung >100 kali per menit yaitu 7,0 L/menit dan terendah pada denyut jantung <60 kali per menit yaitu 2,9 L/menit dengan perbedaan yang bermakna p=0,012

dimana semakin tinggi denyut jantung maka semakin tinggi CO, sedangkan berdasarkan Most-Care® hasilnya tidak berbeda bermakna p>0,05. Tidak ada hubungan yang bermakna tekanan darah dengan CO, baik berdasarkan ICON® maupun Most-Care® (p>0,05).

Berdasarkan tabel 5 didapatkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara berat

badan dan CI pada Most-Care® dengan nilai $p=0,025$ ($p<0,05$) dimana semakin tinggi BB maka semakin rendah nilai CI. Tidak ada hubungan yang signifikan antara TB dan BMI dengan hasil CI baik pada ICON® maupun Most-Care® dengan nilai $p>0,05$. Nilai CI berdasarkan pemeriksaan dengan ICON® tertinggi adalah pada denyut jantung >100 kali per menit yaitu $4,1$ L/menit/m² dan terendah

pada denyut jantung <60 kali per menit yaitu $2,0$ L/menit/m² dengan perbedaan yang bermakna $p=0,046$ sedangkan berdasarkan Most-Care® hasilnya tidak berbeda bermakna $p>0,05$. Tidak ada hubungan yang bermakna tekanan darah dengan *cardiac index* baik berdasarkan ICON® maupun Most-Care® ($p>0,05$).

Tabel 6. Hubungan BB, TB, BMI, denyut jantung dan tekanan darah dengan pengukuran SVR

	Mean±SD	SVR ICON®	p	SVR Most-Care®	p
		Mean±SD		Mean±SD	
BB (Kg)	63,3±11,6	1536,4 ± 527,4	0,208	1339,8 ± 265,5	0,631
TB (cm)	161,5±6,8		0,614		0,575
BMI (Kg/m ²)	<18,5	1783.5±1047.2	0,671	1464.0±540.2	0,620
	18,5-24,9	1568.5±547.4		1361.5±200.2	
	≥25	1422.5±411.8		1273.4±317.4	
Denyut jantung (Denyut/menit)	<60	2362.5±228.4	0,046*	1599.5±348.6	0,314
	60-100	1482.6±490.6		1304.6±263.7	
	>100	1221.5±341.5		1414.5±87.0	
Tekanan Darah	Normal	1527.9±507.6	0,268	1228.2±222.8	0,008*
	Pre Hipertensi	1783.5±1047.2		1464.0±540.2	
	Hipertensi <i>grade I</i>	1568.5±547.4		1361.5±200.2	
	Hipertensi <i>grade II</i>	1422.5±411.8		1273.4±317.4	

BB: berat badan, TB: tinggi badan, BMI: *body mass index*, SD: standar deviasi, SVR: *systemic vascular resistance*, *) bermakna $p<0,05$, *One Way Anova*

Berdasarkan tabel 6 didapatkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara BB, TB, dan BMI dengan hasil SVR, baik pada ICON® maupun Most-Care® dengan nilai $p>0,05$. Nilai SVR berdasarkan pemeriksaan dengan ICON® tertinggi adalah pada denyut jantung <60 kali per menit yaitu $2362,5$ dyne.sec.cm⁻⁵ dan terendah pada denyut jantung >100 kali per menit yaitu $1221,5$ dyne.sec.cm⁻⁵ dengan perbedaan yang bermakna $p=0,046$, sedangkan berdasarkan Most-Care® hasilnya tidak berbeda bermakna $p>0,05$. Tidak ada hubungan yang bermakna tekanan darah dengan SVR baik berdasarkan pemeriksaan dengan ICON®, sedangkan pada Most-Care® didapatkan nilai SVR tertinggi pada kelompok pre hipertensi yaitu 1464.0 dyne.sec.cm⁻⁵ dan yang terendah pada kelompok dengan tekanan darah normal dengan nilai SVR 1228.2 dyne.sec.cm⁻⁵. Statistik menunjukkan hasil yang signifikan dengan $p=0,008$.

DISKUSI

Belum ada penelitian sebelumnya yang membandingkan pengukuran CO, CI, dan SVR

antara ICON® dan Most-Care®. Akan tetapi, hasil penelitian ini sesuai dengan beberapa penelitian sebelumnya yang membandingkan kedua alat tersebut dengan standar emas yaitu PAC maupun alat pengukuran CO, CI, dan SVR yang lain seperti *echocardiography*. Penelitian pengukuran CO dan CI yang menggunakan ICON® dibandingkan dengan PAC juga menunjukkan hasil yang akurat. Pemeriksaan CI pada pasien anak dengan penyakit jantung kongenital (penyakit jantung struktural) menggunakan ICON® menunjukkan hasil $4,22$ ($3,84-4,60$) L/menit/m² dan dari PAC $4,26$ ($3,67-4,67$) L/menit/m² dengan selisih $0,0051$ L/menit/m² dan nilai $p>0,05$ yang menunjukkan hasil yang tidak berbeda bermakna yang dapat dipercaya dan mewakili CI absolut seperti yang diperoleh pada PAC. Penggunaan ICON® dapat dipercaya, non invasif, memberikan estimasi CO setiap denyut jantung dan data *thermodinamik* lain pada pasien dengan berbagai macam defek jantung.⁶

Pada penelitian pengukuran CO dengan menggunakan ICON[®] dibandingkan dengan PAC pada 25 pasien yang CABG didapatkan hasil PAC CO $4,39 \pm 1,16$ L/menit dan ICON[®] CO $4,21 \pm 1,16$ L/menit dengan nilai $p > 0,05$ yang menunjukkan hasil tidak berbeda bermakna di antara keduanya.⁷ Pengukuran CO dengan ICON[®] dibandingkan dengan PAC pada 50 pasien dengan penyakit jantung rematik yang menjalani kateterisasi jantung *percutaneous transmitral commissurotomy* (PTMC) didapatkan hasil CO pada ICON $3,91 \pm 1,16$ L/menit dan CO pada PAC $3,94 \pm 1,12$ L/menit yang menunjukkan kesesuaian yang baik diantara keduanya.⁸ Pada pasien dengan stenosis aorta yang dilakukan pengukuran CI dengan ICON[®] didapatkan hasil yang dapat diterima secara klinis yang ekuivalen dengan PAC pada populasi dengan berat badan normal dan tidak dapat diterima pada pasien obesitas.⁹

Hasil SVR pada kategori normal yang menunjukkan perbedaan yang bermakna sama seperti beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Telah dilakukan penelitian pada 121 pasien anak kritis kecuali yang mempunyai komorbid penyakit jantung kongenital dan pasien dengan hemodinamik yang tidak stabil, yang membandingkan parameter hemodinamik (CO, CI, SV, SVV, SVR, dan SVRI) antara TTE, USCOM[®], dan ICON[®] dengan acuan TTE sebagai standar pada pasien anak. Pada penelitian tersebut berdasarkan analisis Bland-Altman didapatkan hasil yang dapat diterima dengan presentase kesalahan <30% pada parameter hemodinamik yang dinilai kecuali pada SVR dan SVV dengan presentase kesalahan >30%.¹⁰

Perubahan tegangan pada sirkuit disebabkan oleh perubahan pada impedansi dan atau volume jaringan konduksi. Darah mempunyai resistivitas yang relatif rendah dan perubahan volume darah intratoraks mempunyai pengaruh yang besar terhadap impedansi. Dengan asumsi tersebut, dapat diperkirakan perubahan impedansi toraks sebagian besar bergantung pada tiga komponen yaitu proporsi dari *thoracic fluid content*, perubahan volume

darah intratoraks yang disebabkan oleh respirasi, dan perubahan kecil akibat siklus jantung.¹ Pada sebuah meta analisis tentang *electrical cardiometry* (EC) (ICON[®] dan AESCULON[®]) didapatkan beberapa penelitian yang mempunyai presentase kesalahan >30% dengan presentase kesalahan paling besar pada SVR rendah pada pasien dengan sepsis dan syok sepsis. Pada pemeriksaan pasien pascaoperasi jantung didapatkan kondisi hipodinamik yaitu CO rendah dan SVR tinggi dengan presentase kesalahan >30% dan bias yang tinggi. Penelitian pada pasien transplantasi hati didapatkan bias yang tinggi dan presentase kesalahan >30% karena didapatkan kondisi CO tinggi dan SVR rendah. EC tidak dapat menggantikan PAC dan TTE dalam mengukur CO terutama dalam pemantauan kamar bedah dan pascaoperasi bedah jantung, tetapi dapat digunakan untuk pemantauan hemodinamik secara berkelanjutan di ICU sebagai alat pemantauan perubahan CO akut. Selain itu, EC juga aman dan mudah digunakan. Beberapa penelitian menilai tren hemodinamik dari EC, tetapi meta analisis ini tidak dapat menilai tren dari EC karena kurang kesepakatan dalam statistik.¹¹

SVR dihitung dalam Dynes * sec/cm⁵ dengan rumus standar: $SVR = (MAP - CVP)/CO \times 80$. Dari rumus tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi CO maka didapatkan nilai SVR yang semakin rendah, dan semakin tinggi MAP maka didapatkan hasil CO yang semakin tinggi.^{5,12} Ini dapat menjelaskan hasil SVR yang cenderung tinggi pada ICON[®] dikarenakan hasil CO pada ICON[®] cenderung lebih rendah dibandingkan dengan Most-Care[®]. Selain itu, viskositas darah juga mempunyai pengaruh terhadap SVR, dimana semakin tinggi viskositas darah maka nilai CO akan semakin kecil dan SVR semakin tinggi, sedangkan semakin rendah viskositas darah seperti anemia akan menyebabkan CO semakin tinggi sebagai respon terhadap anemia yang berpengaruh terhadap SVR yang semakin rendah.¹³ Pada sampel penelitian ini merupakan pasien pascaoperasi mayor dengan operasi yang cukup lama dan beberapa sampel mengalami perdarahan yang cukup banyak dengan penggantian cairan atau darah yang akan berpengaruh terhadap

viskositas darah yang mempengaruhi nilai CO pada ICON[®] dan Most-Care[®] sehingga secara tidak langsung juga akan mempengaruhi nilai SVR.

BMI tidak berhubungan dengan hasil pengukuran CO, CI, dan SVR baik pada ICON[®] maupun Most-Care[®]. Namun, berat badan berhubungan dengan nilai CI pada Most-Care[®], dimana semakin tinggi berat badan maka semakin rendah CI. Ini dapat dijelaskan karena $CI = CO/BSA$ dimana $BSA = \sqrt{\text{berat badan (kg)} \times \text{tinggi (cm)} / 3600}$. Semakin tinggi berat badan maka semakin tinggi nilai BSA dan semakin kecil nilai CI¹⁴, sedangkan denyut jantung berhubungan dengan hasil CO, CI dan SVR pada ICON[®], tetapi tidak berhubungan dengan nilai CO dan CI pada Most-Care[®]. Ini bisa dijelaskan karena $CO = SV \times \text{denyut jantung}$, di mana semakin tinggi denyut jantung, maka nilai CO dan CI juga semakin besar. CO dapat meningkat oleh karena berbagai sebab antara lain tonus simpatis, sekresi katekolamin, dan sirkulasi hormon tiroid. Mekanisme peningkatan denyut jantung adalah dengan meningkatkan efek positif kronotropik (waktu), dromotropik (kecepatan konduksi), dan lusitropik (*myocardial relaxation rate*).¹⁵ Semakin rendah denyut jantung, maka semakin rendah CO dan semakin tinggi SVR.¹¹ Sementara itu, tekanan darah berhubungan dengan SVR pada Most-Care[®], di mana pada kategori pre hipertensi nilai SVR paling tinggi dan nilai pada tekanan darah normal paling rendah. SVR merupakan resistensi sistem sirkulasi yang digunakan dalam menentukan tekanan darah, aliran darah, dan komponen dari fungsi jantung. Meningkatnya SVR akan mengakibatkan hipertensi, sedangkan penurunan SVR akan mengakibatkan hipotensi.¹⁶ Pada penelitian ini tidak dapat disimpulkan hubungan tekanan darah dengan SVR karena jumlah sampel sedikit pada beberapa kategori.

Penelitian ini mudah dilakukan karena pengambilan data dalam satu waktu dan pemasangan kedua alat juga sederhana. Biaya untuk penelitian ini juga minimal karena RSUP dr.Sardjito Yogyakarta sudah memiliki kedua

alat baik ICON[®] dan Most-Care[®]. Selain itu penelitian ini tidak memberikan perlakuan kepada pasien. CVC dan kateter arteri sudah terpasang dari kamar operasi karena kebutuhan dari pasien itu sendiri sehingga tidak menimbulkan kerugian kepada pasien.

Penelitian ini bersifat observasional dengan jumlah sampel yang cukup sedikit dan dilakukan pada populasi sampel post operasi mayor di mana pasien dalam kondisi baik dan sudah dipersiapkan sebelumnya untuk menjalani operasi. Kondisi hemodinamik pascaoperasi cenderung stabil sehingga penelitian ini tidak dapat menilai pengukuran CO, CI, dan SVR antara ICON[®] dan Most-Care[®] pada pasien dengan kondisi hemodinamik tidak stabil. Ada beberapa kondisi yang mempengaruhi hasil ICON[®] seperti edema anasarka, obesitas, regurgitasi aorta berat, emfisema subkutis daerah thoraks, CHF, dan aritmia (fibrilasi atrial, takikardi >140 kali/menit, dan bradikardi <40 kali/menit). Semua faktor tersebut dieksklusi sehingga hasil yang didapatkan tidak bisa mewakili pasien secara umum, hanya pasien dalam kondisi stabil saja. Pengukuran dilakukan satu kali sehingga kondisi-kondisi yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan seperti baik dari aspek pengambilan data seperti kurang tepat dalam penempelan elektroda maupun dari kondisi pasien seperti kondisi volume intra thoraks tidak dapat dievaluasi.

Nilai pengukuran dari ketiga parameter diambil dalam satu waktu secara bersamaan, akan tetapi ICON[®] mengukur secara berkelanjutan, sedangkan Most-Care[®] dalam pengukuran diatur setiap 10 detik. Juga terdapat jeda waktu saat menyimpan hasil ICON[®] dengan waktu pengambilan data di Most-Care[®] karena perlu waktu untuk menyimpan data di ICON[®] sehingga mungkin mempengaruhi perbedaan nilai antara kedua alat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perbandingan pengukuran CO dan CI serta SVR pada kategori SVR tinggi antara ICON® dan Most-Care® menunjukkan hasil tidak berbeda bermakna dengan nilai $p > 0,05$. Namun, pengukuran SVR pada kategori normal antara ICON® dan Most-Care® menunjukkan perbedaan yang bermakna dengan nilai $p < 0,05$. Denyut jantung berhubungan dengan nilai CO, CI, dan SVR pada ICON® dengan nilai $p = 0,012$, $p = 0,046$, dan $p = 0,046$. Berat badan berhubungan dengan CI pada Most-Care® dengan nilai $p = 0,025$. Tekanan darah berhubungan dengan SVR pada Most-Care® dengan nilai $p = 0,008$.

Penelitian berikutnya bisa dilakukan pada pasien medikal dengan kondisi yang tidak stabil yang membutuhkan *vasopressor* atau inotropik dan pasien yang lebih beragam. Penelitian berikutnya sampel diseragamkan dengan menggunakan ventilator atau tidak. Penelitian ini menunjukkan bahwa ICON® yang non invasif bisa dipakai sebagai alternatif monitoring CO dan CI dengan hasil yang akurat dan sesuai dengan monitor yang minimal invasif Most-Care® pada pasien pascaoperasi mayor.

DAFTAR PUSTAKA

- Huygh J, Peeters Y, Bernards J, Malbrain MLNG. Hemodynamic monitoring in the critically ill: an overview of current cardiac output monitoring methods. *F1000Research*. 2016 Dec 16;5:2855. Available from: doi:10.12688/f1000research.8991.1
- Mercado P, Maizel J, Beyls C, Titeca-Beauport D, Joris M, Kontar L, et al. Transthoracic echocardiography: an accurate and precise method for estimating cardiac output in the critically ill patient. *Critical Care* [Internet]. 2017 Dec [cited 2019 Jun 30];21(1). Available from: doi:10.1186/s13054-017-1737-7
- Cox PBW, den Ouden AM, Theunissen M, Montenij LJ, Kessels AGH, Lancé MD, et al. Accuracy, Precision, and Trending Ability of Electrical Cardiometry Cardiac Index versus Continuous Pulmonary Artery Thermodilution Method: A Prospective, Observational Study. *BioMed Research International*. 2017;2017:1–8. Available from: doi:10.1155/2017/2635151
- Barile L, Landoni G, Pieri M, Ruggeri L, Maj G, Nigro Neto C, et al. Cardiac Index Assessment by the Pressure Recording Analytic Method in Critically Ill Unstable Patients After Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2013 Dec;27(6):1108–13 doi:10.1053/j.jvca.2013.02.016
- Romagnoli S, Bevilacqua S, Lazzeri C, Ciappi F, Dini D, Pratesi C, et al. 20 Most Care®: a minimally invasive. 2009;8.
- Narula J, Chauhan S, Ramakrishnan S, Gupta SK. Electrical Cardiometry: A Reliable Solution to Cardiac Output Estimation in Children With Structural Heart Disease. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2017 Jun;31(3):912–7. Available from: doi:10.1053/j.jvca.2016.12.009
- Rajput RS, Das S, Chauhan S, Bisoi AK, Vasdev S. Comparison of Cardiac Output Measurement by Noninvasive Method with Electrical Cardiometry and Invasive Method with Thermodilution Technique in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting. *World Journal of Cardiovascular Surgery*. 2014;04(07):123–30. Available from: doi:10.4236/wjcs.2014.47019
- Narula J, Kiran U, Chauhan S, Ramakrishnan S, Chowdhary A. Electrical Cardiometry in Patients undergoing Cardiac Catheterisation. Pandey RK, editor. *International Journal of Perioperative Ultrasound and Applied Technologies*. 2013;2:102–7. Available from: doi:10.5005/jp-journals-10027-1045
- Teefy P, Bagur R, Phillips C, Karimi-Shahri K, Teefy J, Sule R, et al. Impact of Obesity on Noninvasive Cardiac Hemodynamic Measurement by Electrical Cardiometry in Adults With Aortic Stenosis. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018 Dec;32(6):2505–11. Available from: doi:10.1053/j.jvca.2018.04.040

10. Chaiyakulsil C, Chantra M, Katanyuwong P, Khositseth A, Anantasit N. Comparison of three non-invasive hemodynamic monitoring methods in critically ill children. Erdoes G, editor. *PLOS ONE*. 2018 Jun 18;13(6):e0199203. Available from:doi:10.1371/journal.pone.0199203
11. Sanders M, Servaas S, Slagt C. Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring by electrical cardiometry: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2020 Jun;34(3):433–60. Available from:doi:10.1007/s10877-019-00330-y
12. Romagnoli S, Franchi F, Ricci Z, Scolletta S, Payen D. The Pressure Recording Analytical Method (PRAM): Technical Concepts and Literature Review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2017 Aug;31(4):1460–70. Available from:doi:10.1053/j.jvca.2016.09.004
13. Sloop GD, Weidman JJ, St. Cyr JA. The systemic vascular resistance response: a cardiovascular response modulating blood viscosity with implications for primary hypertension and certain anemias. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*. 2015 Dec;9(6):403–11. Available from: doi:10.1177/1753944715591450
14. Patel N, Makaryus AN. Physiology, Cardiac Index. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019 [cited 2020 Jan 5]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539905/>
15. King J, Lowery DR. Physiology, Cardiac Output. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [cited 2021 Jan 3]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470455/>
16. Delong C, Sharma S. Physiology, Peripheral Vascular Resistance. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [cited 2021 Jan 3]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538308/>

