

# Validitas *Stroke Volume Variation* dengan *Ultrasonic Cardiac Output Monitor* (USCOM) untuk Menilai *Fluid Responsiveness*

I Nyoman Budi Hartawan,\* Antonius H Pudjiadi,\*\* Abdul Latief,\*\* Rismala Dewi,\*\* Irene Yuniar\*\*

\*Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, \*\*Departemen Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

**Latar belakang.** *Stroke volume variation* (SVV) adalah parameter hemodinamik untuk menilai *fluid responsiveness*. Pengukuran SVV dapat dilakukan dengan USCOM yang merupakan alat pemantauan hemodinamik non invasif berbasis ekokardiografi Doppler. **Tujuan.** Mengetahui nilai *cut-off point* (titik potong optimal) SVV dengan USCOM sebagai prediktor *fluid responsiveness* pada pasien dengan ventilasi mekanik.

**Metode.** Penelitian dilaksanakan di *Pediatric Intensive Care Unit* (PICU) dan Unit Gawat Darurat (UGD) Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo (RSCM), Jakarta. Penelitian ini merupakan uji diagnostik dengan menggunakan peningkatan *stroke volume* (SV) setelah *challenge* cairan ringer laktat 10 mL/kg berat badan selama 15 menit sebagai indeks. Subyek penelitian adalah pasien dengan usia  $\geq 1$  bulan dan  $\leq 18$  tahun yang menggunakan ventilasi mekanik. Peningkatan nilai SV  $\geq 10\%$  disebut responder dan  $< 10\%$  disebut non responder. Pengukuran SV dengan USCOM dilakukan sebelum dan setelah *fluid challenge*, dan pengukuran SVV dilakukan sebelum *challenge* cairan.

**Hasil.** Terdapat 32 subyek ikut serta dalam penelitian. *Area under curve* (AUC) subyek ventilasi mekanik adalah 76,6% (IK95%:60,1%-93,1%),  $p < 0,05$ . Titik potong optimal SVV adalah 30%, dengan sensitivitas 72,7% dan spesifisitas 70%.

**Kesimpulan.** *Ultrasonic cardiac output monitor* (USCOM) memiliki validitas yang baik untuk menilai SVV pada pasien dengan ventilasi mekanik. *Sari Pediatri* 2015;17(5):367-72.

**Kata kunci:** *fluid responsiveness*, USCOM, *stroke volume variation*, sensitifitas, spesifisitas

# Validity of *Stroke Volume Variation* with *Ultrasonic Cardiac Output Monitor* (USCOM) to Assess *Fluid Responsiveness*

I Nyoman Budi Hartawan,\* Antonius H Pudjiadi,\*\* Abdul Latief,\*\* Rismala Dewi,\*\* Irene Yuniar\*\*

**Background.** *Stroke volume variation* (SVV) is a hemodynamic parameter to assess *fluid responsiveness*. Measurement of SVV could performed using USCOM, which is a non-invasive hemodynamic monitoring tool based on Doppler echocardiography.

**Objective.** To determine the optimal SVV cut-off point measured by USCOM as a predictor of *fluid responsiveness* in mechanically ventilated patients.

**Methods.** Research was conducted in the pediatric intensive care unit (PICU) and emergency room (ER) Cipto Mangunkusumo Hospital. This study is a diagnostic test based on the increment of *stroke volume* (SV) after fluid challenge using Ringer's lactate 10 mL / kg body weight for 15 minutes as an index. The subjects are mechanically ventilated patients, age  $\geq 1$  months and  $\leq 18$  years. Responders are those who experienced increment  $\geq 10\%$  from baseline SV, and non-responders are those who did not meet the criteria. Measurements of SV using USCOM were performed before and after fluid challenge, meanwhile SVV measurement was performed before fluid challenge. **Results.** Thirty two subjects enrolled in this study. The AUC was 76.6% (95% CI 60.1% -93.1%),  $p$  value  $< 0.05$ . The optimal SVV cut-off point of this group was 30%, with sensitivity of 72.7% and specificity of 70%.

**Conclusion.** USCOM is valid for assessing SVV as a *fluid responsiveness* predictor, in patients with mechanical ventilation.

*Sari Pediatri* 2015;17(5):367-72.

**Keywords:** *fluid responsiveness*, USCOM, *stroke volume variation*, sensitivity, specificity

---

**Alamat korespondensi:** Dr I Nyoman Budi Hartawan, MSc, SpA(K). Divisi Pediatri Gawat Darurat Bagian/SMF Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Udayana/RSUP Sanglah Denpasar Jl Pulau Nias Denpasar Bali. Telp/Fax: (0361) 244038. E-mail: [mangdut@gmail.com](mailto:mangdut@gmail.com)

Penilaian *preload* dan *fluid responsiveness* masih merupakan masalah dalam tata laksana pasien, terutama pasien dengan penyakit kritis. Pemberian cairan berlebihan terbukti meningkatkan kematian pada syok septik dan memperpanjang penggunaan ventilasi mekanik (VM).<sup>1</sup> Penelitian multisenter pada pasien dewasa yang menderita sepsis membuktikan bahwa keseimbangan cairan positif berhubungan dengan luaran yang buruk.<sup>2</sup>

Indikator *preload* seperti *central venous pressure* (CVP), *pulmonary artery occlusion pressure* (PAOP) tidak memberikan informasi yang sah. Indikator *preload* lain seperti *right ventricular end diastolic volume* (dengan termodilusi) serta *left end diastolic area* (dengan ekokardiografi) bukan merupakan parameter yang sah menentukan *fluid responsiveness*.<sup>1</sup>

Pasien dengan instabilitas hemodinamik (pasien syok septik), hanya 52% memberikan respons terhadap pemberian cairan, baik cairan koloid maupun kristaloid. Teknik yang akurat diperlukan untuk menilai respons terhadap cairan (*fluid responsiveness*).<sup>3</sup> Penelitian membuktikan terdapat perbedaan *stroke volume* (SV) saat inspirasi dan ekspirasi pada pasien dengan VM. Pada saat inspirasi terjadi peningkatan SV dan penurunan SV saat ekspirasi. Selisih nilai SV saat inspirasi dan ekspirasi dibagi nilai rerata SV, disebut *stroke volume variation* (SVV). *Stroke volume variation* berguna untuk menentukan adanya *fluid responsiveness* pada pasien dengan ventilasi mekanik.<sup>4</sup>

*Stroke volume variation* dapat ditentukan dengan pemantauan invasif maupun non invasif. *Ultrasonic cardiac output monitor* (USCOM) adalah alat pemantauan hemodinamik non-invasif, yang menggunakan gelombang ultrasonik Doppler. *Ultrasonic cardiac output monitor* dapat mengukur *cardiac output* (CO), SV, SVV dan beberapa parameter hemodinamik lainnya. *Ultrasonic cardiac output monitor* mudah dioperasikan dengan meletakkan *probe* di daerah *suprasternal notch* atau di daerah pulmonal, maka alat ini secara otomatis merekam berbagai parameter hemodinamik.<sup>5</sup>

Sensitivitas dan spesifisitas SVV dengan teknik invasif (*flow tract/Vigileo* dan *PiCCOplus system*), pada pasien bedah torak dewasa dengan VM adalah 91% dan 83% (*flow tract*), serta 87% dan 76% dengan *PiCCOplus system*.<sup>6</sup> Hal ini menunjukkan SVV memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi untuk menentukan *fluid responsiveness*. Nilai SVV

yang menandakan pasien masih responsif terhadap pemberian cairan adalah >10%.<sup>4,7</sup>

Penelitian validitas SVV dengan USCOM pada anak dengan menggunakan VM belum pernah dilakukan di Indonesia. Titik potong optimal SVV dengan USCOM sebagai batasan untuk menentukan pasien masih responsif terhadap pemberian cairan belum ada. Titik potong optimal SVV sangat berguna bagi klinisi terutama perawatan anak sakit kritis.

Penelitian ini bertujuan menilai validitas SVV dengan USCOM sebagai prediktor *fluid responsiveness* pada pasien dengan VM, serta menentukan titik potong optimal SVV sebagai prediktor *fluid responsiveness*.

## Metode

Desain penelitian adalah uji diagnostik. Responder adalah peningkatan SVI  $\geq 10\%$  setelah *challenge* cairan (ringer laktat 10 mL/kg berat badan selama 15 menit), sedangkan peningkatan SVI  $< 10\%$  disebut non responder. Peningkatan SVI dihitung dengan rumus =  $(\text{SVI pertama} - \text{SVI kedua}) : \text{SVI pertama} \times 100\%$ . Perubahan SVI merupakan referensi dari uji diagnostik, sedangkan SVV disebut sebagai indeks.

Penelitian dilaksanakan di PICU dan UGD Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo (RSCM), Jakarta. Populasi target adalah anak berusia  $\geq 1$  bulan sampai  $\leq 18$  tahun yang dirawat di PICU dan UGD dengan ventilasi mekanik modus kontrol. Populasi terjangkau adalah anak berusia  $\geq 1$  bulan sampai  $\leq 18$  tahun yang dirawat di PICU dan UGD dengan ventilasi mekanik modus kontrol. Penelitian telah mendapat persetujuan dari komisi etik RSCM.

Kriteria inklusi adalah anak yang dirawat di PICU dan UGD RSCM, berusia  $\geq 1$  bulan sampai  $\leq 18$  tahun dengan ventilasi mekanik modus kontrol, pasien syok, dehidrasi, asupan kurang, diare, dan demam dengan takikardi. Kriteria eksklusi adalah anak dengan penyakit jantung bawaan, menderita *acute kidney injury* (AKI), aritmia, pasca-operasi pada thorak. Cara pemilihan sampel dilakukan dengan menggunakan metode konsekutif. Peneliti memilih pasien yang dirawat di PICU/UGD yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Besar sampel penelitian adalah 32.

Pengukuran dan pencatatan berat badan, tinggi badan, tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, laju nadi, *mean arterial pressure* (MAP),

*positive end expiratory pressure* (PEEP), volume tidal (VT), dan penggunaan inotropi/vasopresor dilaksanakan oleh peneliti. Pengukuran SVI pertama dan kedua, serta SVV dengan menggunakan USCOM juga dilaksanakan oleh peneliti. Setelah data terkumpul maka dilakukan *fluid challenge* dengan ringer laktat 10 mL/kg berat badan sebanyak satu kali selama 15 menit oleh peneliti dan dokter jaga. Segera setelah *fluid challenge*, dilakukan pemeriksaan USCOM untuk menentukan SVI kedua, serta pemeriksaan tekanan darah, laju nadi, dan MAP oleh peneliti.

*Probe* USCOM (frekuensi 3,3 MHz) diletakkan di *suprasternal notch* untuk mendapatkan sinyal aliran darah aorta. *Probe* USCOM digerakkan perlahan, untuk mencari gambaran yang jelas awal sistolik sampai akhir sistolik, waktu sistolik yang utuh, *velocity time curve* (VTI) yang tajam dari kurva Doppler *flow* dan yang memberikan suara yang jernih. Kurva akan dipresentasikan di layar monitor sebagai *velocity time curve*. Jika telah didapatkan gambaran kurva terbaik dengan suara terjernih, maka peneliti menekan tombol *frozen* untuk menghentikan pengukuran. Peneliti memilih kurva yang representatif untuk kemudian disimpan dan dihitung oleh perangkat lunak USCOM.

Pengukuran dengan USCOM dilakukan sebanyak tiga kali. Nilai SVI dan SVV adalah rerata nilai pengukuran tersebut.

Pengukuran SVV dengan USCOM dilakukan oleh peneliti dengan meletakkan *probe* di *suprasternal notch* pada subyek tidur terlentang. SVI pertama adalah SV dibagi luas permukaan tubuh, didapat dari pemeriksaan USCOM sebelum *fluid challenge*. SVI kedua adalah SV dibagi luas permukaan tubuh, didapatkan dari pemeriksaan USCOM setelah *fluid challenge*. Responder adalah peningkatan SVI  $\geq 10\%$ . Non responder adalah peningkatan SVI  $< 10\%$ .

Data dianalisis dengan program komputer. Analisis deskriptif berupa perhitungan distribusi frekuensi dan proporsi untuk mengetahui karakteristik subyek penelitian. Analisis validitas SVV menggunakan *receiver operating characteristic* (ROC). Berdasarkan kurva ROC akan didapatkan AUC (*area under curve*) dan interval kepercayaan 95%. Titik potong optimal diperoleh dengan menggunakan program *excel*.

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI) RSCM dengan nomor 56/H2.F1/ETIK/201.

Tabel 1. Karakteristik subyek penelitian

Karakteristik	Jumlah (n= 32)
Jenis kelamin, n (%)	
Laki-laki	17 (53)
Perempuan	15 (47)
Usia (bulan)	
0-12, n (%)	7 (22)
12-60, n (%)	6 (19)
60-144, n (%)	7 (22)
>144, n (%)	12 (37)
Berat badan (kg), median (min-maks)	29 (4.5-42)
Tinggi badan (cm), median (min-maks)	125 (53-156)
Luas permukaan tubuh (m <sup>2</sup> ), median (min-maks)	1.03 (0.27-1.32)
Diagnosis, n (%)	
Sindrom syok dengue	2(6)
Septik syok	7(22)
Meningitis	5(16)
Luka bakar	9 (28)
Pneumonia	7 (22)
Pasca bedah	2(6)

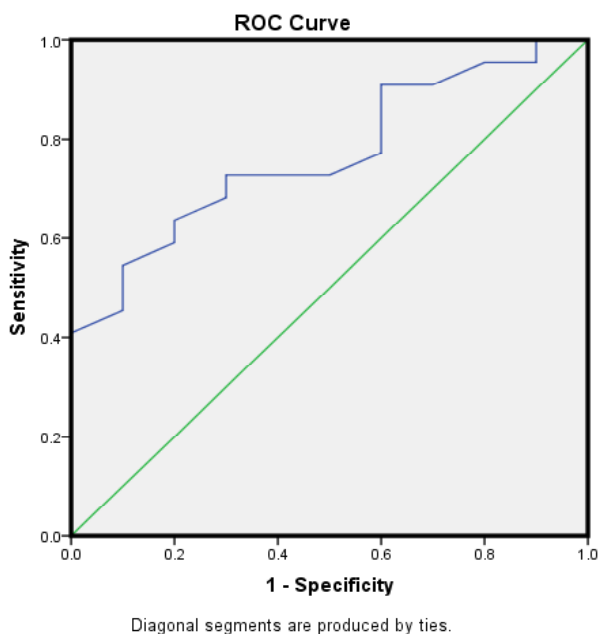
## Hasil

Tiga puluh dua pasien masuk dalam penelitian. Rentang usia subyek antara 3 bulan dan 17 tahun 3 bulan (207 bulan). Kelompok umur terbanyak adalah pada umur di atas 12 tahun (37%).

Subyek menggunakan ventilator dengan modus PC (*pressure control*) dan SIMV PS (*synchronized intermittent mandatory ventilation pressure support*). Volume tidal (VT) antara 4,2 dan 9,4 mL/kg BB. *Positive end-expiratory pressure* (PEEP) antara 5 dan 9 cm H<sub>2</sub>O. Semua subyek dengan VM mendapat sedasi dengan midazolam serta morphin, tanpa *neuromuscular blocking agent*.

Inotropik yang digunakan adalah dopamin dan dobutamin. Rentang dosis dopamin antara 10 dan 20 mikrogram/kg BB/menit sedangkan rentang dosis dobutamin adalah antara 10 dan 15 mikrogram/kg BB/menit. Vasopresor yang digunakan adalah nor adrenalin. Rentang dosis nor adrenalin adalah antara 0,05 dan 0,3 mikrogram/kg BB/menit. Karakteristik subyek penelitian tertera pada Tabel 1.

*Area under curve* (AUC) adalah 76,6% (IK95% 60,1%-93,1%),  $p < 0,05$  (Gambar 1). Titik potong optimal SVV adalah 30%, dengan sensitivitas 72,7% dan spesifisitas 70%.



Gambar 1. ROC curve SVV. AUC adalah 76,6% (IK95%: 60,1%-93,1%),  $p < 0,05$

*Stroke volume variation* >28,4% merupakan nilai yang responsif terhadap pemberian cairan pada subyek dengan VM dengan VT 7 mL/kg berat badan. Satu subyek mempunyai VT 8 mL/kg berat badan. Nilai SVV 22 tidak responsif terhadap pemberian cairan.

## Pembahasan

Penggunaan SVV untuk menilai *fluid responsiveness* terbatas pada pasien yang menggunakan VM dengan modus kontrol (dengan sedasi). Volume tidal rendah pada pernapasan spontan maupun pengaturan VT rendah pada VM tidak mampu memicu variasi SV. Hal tersebut menyebabkan SVV hanya akurat pada pasien koma maupun mendapatkan anestesi dalam dan menggunakan VM dengan VT tertentu.<sup>8</sup> Bukti lain diperoleh pada penelitian Li dkk.<sup>9</sup> Penelitian Li dilaksanakan pada pasien bedah gastrointestinal membuktikan bahwa pengukuran SVV dengan FloTrac/Vigileo akurat pada pasien dengan VT rendah (6 mL/kg BB).

Berkenstadt dkk<sup>7</sup> melaporkan SVV >9,5% sebagai nilai responsif terhadap *challenge* cairan. Penelitian Berkenstadt dilaksanakan pada pasien dewasa yang menjalani operasi bedah saraf dan menggunakan PiCCO untuk memantau hemodinamik. Referensi yang digunakan adalah peningkatan SV >10% setelah *challenge* selama 2 menit dengan 100 ml *hydroxyethylstarch* 6%.

Horster dkk<sup>10</sup> melaporkan penelitian untuk menentukan validitas SVV dengan *flow tract/Vigileo* dan PiCCOplus system pada pasien dewasa dengan bedah torak yang menggunakan ventilator dengan modus kontrol. Hasil penelitian tersebut memperoleh sensitivitas dan spesifisitas SVV dengan *flow tract* 91% dan 83%, serta sensitivitas dan spesifisitas dengan PiCCOplus system 87% dan 76%. Titik potong optimal dengan PiCCO adalah 12,1%, sedangkan *flow tract* adalah 9,6%.

Penelitian Berkenstadt<sup>7</sup> dkk dan Horster dkk<sup>10</sup> mendapatkan titik potong optimal <15%. Perbedaan titik potong optimal SVV dengan penelitian ini terjadi karena penelitian Berkenstadt dan Horster menggunakan alat ukur invasif dan adanya perbedaan subyek penelitian. Subyek penelitian ini adalah pasien anak-anak, dan subyek ini sangat heterogen, baik subyek pasca-bedah maupun non bedah.

Biais dkk<sup>11</sup> membandingkan system Vigileo™/FloTrac™ dan pemeriksaan ekokardiografi Doppler.

Subjek penelitian Bias adalah pasien dewasa yang menjalani transplantasi hati, mendapatkan anestesia propofol dan sufentanil, serta menggunakan ventilator modus *pressure control* dengan VTI 8 mL/kg BB. Bias menyimpulkan bahwa kedua alat mempunyai performa yang sama dalam menentukan nilai SVV. Penelitian ini memperoleh SVV 10% sebagai titik potong optimal. Perbedaan nilai SVV penelitian Bias dengan penelitian ini karena perbedaan karakteristik subyek. Subyek pada penelitian ini adalah pasien anak yang menggunakan ventilasi mekanik dengan penyakit yang beragam.

De Castro dkk<sup>12</sup> juga melaporkan penelitian yang membandingkan antara SVV yang diukur dengan PiCCO dan *transoesophageal* Doppler pada pasien yang menjalani bedah aorta abdominalis. Seluruh subyek menggunakan VM dengan volume tidal 8 mL/kg berat badan dan mendapatkan anestesia dengan propofol dan sulfentanil. Koefisien korelasi SV yang diperoleh dengan menggunakan PiCCO dan *transoesophageal* Doppler adalah 0,885. Hal tersebut menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara SV yang dihasilkan PiCCO dan *transoesophageal* Doppler, tetapi terdapat korelasi moderat ( $r=0,661$ ) antara SVV PiCCO dan SVV dengan *transoesophageal* Doppler. Bias dkk dan de Castro dkk membandingkan antara teknik invasif (*pulse contour analysis*) dan non invasif (ekokardiografi Doppler). Kedua penelitian memperoleh titik potong optimal SVV <15%.

Pinsky<sup>13</sup> menyarankan untuk berhati-hati menginterpretasikan SVV yang diperoleh dengan teknik *pulse contour analysis* (dipergunakan untuk mengukur SVV pada PiCCO maupun *flowtract/Vigileo*) karena teknik ini kesulitan untuk memonitor perubahan cepat dari SV yang muncul dalam siklus pernapasan. Hal tersebut menyebabkan korelasi lemah antara teknik Doppler dan *pulse contour analysis* untuk mengukur SVV.

Penelitian Wongsirimetheekul dkk<sup>14</sup> membandingkan pengukuran CO antara USCOM dan ekokardiografi Doppler. *Ultrasonic cardiac output monitor* cenderung mendapatkan nilai VTI yang lebih tinggi sehingga CO yang dihasilkan selalu lebih tinggi dibandingkan ekokardiografi. Hal tersebut karena USCOM mengukur VTI dengan teknik *continuous wave* (CW) Doppler, sedangkan ekokardiografi menggunakan metode *pulsed wave* (PW) Doppler. *Pulsed wave* Doppler mengukur kecepatan aliran darah pada satu titik tertentu, melalui jendela yang sempit.

Kelebihan teknik CW Doppler memungkinkan untuk mengukur kecepatan aliran darah pada seluruh area pembuluh darah.<sup>15</sup> Hal tersebut menjelaskan mengapa titik potong penelitian yang menggunakan ekokardiografi Doppler memperoleh hasil berbeda dengan penelitian ini yang menggunakan USCOM.

Hasil penelitian ini dapat dipergunakan menilai *fluid responsiveness* dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang memengaruhi SVV, seperti VM, VT, PEEP, obat-obatan vasodilator maupun vasopresor. Penilaian *preload* sebaiknya dikombinasikan dengan beberapa hasil pengukuran *preload* lain untuk meningkatkan validitas.

## Daftar pustaka

1. Michard F, Teboul JL. Using heart–lung interactions to assess fluid responsiveness during mechanical ventilation. *Crit Care* 2000;4:282-9.
2. Vincent JL, Sakr Y, Sprung CL, dkk. Sepsis in European intensive care units: results of the SOAP study. *Crit Care Med* 2006;34:344-53.
3. Monnet X, Teboul TL. Volume responsiveness. *Curr Opin Crit Care* 2007;13:549-53.
4. McGee WT. A Simple physiologic algorithm for managing hemodynamics using stroke volume and stroke volume variation: physiologic optimization program. *J Intensive Care Med* 2009;24:352.
5. Knirsch W, Kretschmar O, Tomaske M, Stutz K, Nagdyman N, Balmer C, dkk. Cardiac output measurement in children: comparison of the ultrasound cardiac output monitor with thermodilution cardiac output measurement. *Intensive Care Med* 2008;34:1060-4.
6. Hofer KC, Senn A, Weibel C, Zollinger A. Assessment of stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness using the modified flow tract™ and PiCCOplus™ system. *Crit Care* 2008;12:1-8.
7. Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, Friedman Z, Segal E, Villa Y, dkk. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg* 2009;92:984-9.
8. Monet X, Teboul J-L. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. Dalam: Teboul J-L, penyunting. *Annual update in intensive care and emergency medicine 2013*. Heidelberg: Springer;2013.h.385-96.
9. Li C, Lin F, Fu S, Chen G, Yang X, Zhu C, dkk. Stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness in

- patients undergoing gastrointestinal surgery. *Int J Med Sci* 2013;10:148-55.
10. Horster S, Stemmler H-J, Strecker N, Brettner F, Hausmann A, Cnossen J, dkk. Cardiac output measurements in septic patients: comparing the accuracy of USCOM to PiCCO. *Crit Care Res and Pract* 2011;2012;1-5.
  11. Biais M, Nouette-Gaulain K, Sztark F, Rouillet S, Quinart A, Revel P. Assessment of stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness using the modified FloTrac™ and PiCCOplus. *Anesth Analg* 2009;109:466-9.
  12. De Castro V, Goarin J-P, Lhotel L, Mabrouk N, Perel A, Coriat P. Comparison of stroke volume (SV) and stroke volume respiratory variation (SVV) measured by the axillary artery pulse-contour method and by aortic Doppler echocardiography in patients undergoing aortic surgery. *Br J Anaesth* 2006;10;1-6.
  13. Pinsky MR. Probing the limits of arterial pulse contour analysis to predict *preload* responsiveness. *Anesth Analg* 2003;96:1245-7.
  14. Wongsirimetheekul T, Khositheth A, Lertbunrian R. Non-invasive cardiac output assessment in critically ill pediatric patient. *Acta Cardiol* 2014;69:167-73.
  15. Anonim. Doppler physics. Diakses 2 Desember 2014. Diunduh dari: [http://www.wikiecho.org/wiki/Doppler\\_Physics](http://www.wikiecho.org/wiki/Doppler_Physics).