

# Ekokardiografi Aliran Vena Pulmonar

Heru Sulastomo, Amiliana M Soesanto

Saat ini penggunaan Doppler aliran vena pulmonar (AVP) semakin meningkat seiring dengan bertambahnya informasi tentang fungsi ventrikel kiri dan katup mitral yang bisa didapat dari pemeriksaan tersebut. Pemeriksaan ini juga dapat sebagai parameter keparahan regurgitasi mitral dan fungsi diastolik ventrikel. Penilaian pola AVP dapat dilakukan dengan baik dan reproduisibel, walaupun nilai normalnya memiliki rentang yang luas dan agak berbeda antara hasil pemeriksaan dengan ekokardiografi transtorakal (ETT) dan ekokardiografi transesofageal (ETE) karena perbedaan teknik dan hemodinamik.<sup>1</sup>

## Tujuan

Referat ini bertujuan untuk memaparkan ekokardiografi aliran vena pulmonar serta kegunaannya untuk menilai hemodinamik.

## Anatomi dan Fisiologi Aliran Vena Pulmonar

Antara kapiler paru dan atrium kiri, terdapat vena pulmonar ekstraparenkimal. Pada keadaan normal

ada empat buah vena pulmonar, yaitu vena pulmonar ataskanan, bawahkanan, atas kiri, dan bawah kiri. Vena pulmonar kanan terletak di belakang vena kava superior dan atrium kanan serta di medial atas dinding atrium kiri, sedangkan vena pulmonar kiri terletak di lateral posterior dinding atrium kiri. Vena pulmonar bawah terletak di bawah bronkus kanan dan kiri, sedangkan vena pulmonar atas terletak di anterior bronkus tersebut.<sup>2</sup>

## Profil dan Analisis Aliran Vena Pulmonar

Pola AVP yang pulsatil terjadi karena perubahan tekanan atrium kiri selama siklus jantung, atau mungkin juga karena perpindahan tekanan pulsasi dari ventrikel kanan ke sirkulasi paru, atau kombinasi kekuatan ventrikel kanan dan hisapan jantung kiri.<sup>3</sup> Nilai normal parameter AVP memiliki rentang yang lebar. Hal ini membatasi metode diagnostik menggunakan pola AVP. Hasil pemeriksaan AVP melalui ETT dan ETT agak berbeda. Perbedaan tersebut tidak semata-mata karena aspek teknik. Perbedaan kondisi hemodinamik yang dipicu oleh midazolam pada ETE dan stres karena manipulasi transduser mungkin menyebabkan perubahan profil AVP. Pemanjangan waktu deselerasi pengisian transmitral awal dan waktu relaksasi isovolumetrik, disertai penurunan integral waktu-kecepatan aliran transmitral selama ETE menandakan pengurangan preload yang mungkin disebabkan midazolam.<sup>1</sup>

Biasanya ekokardiografi *doppler* AVP normal terdiri dari gelombang sistolik vena pulmonar (S), gelombang diastolik awal vena pulmonar (D), dan gelombang aliran reversal atrium (A).<sup>4</sup> Kadang gelombang sistolik

---

Divisi Diagnostik Non-Invasif Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular, FKUI dan Pusat Jantung Nasional Harapan Kita, Jakarta

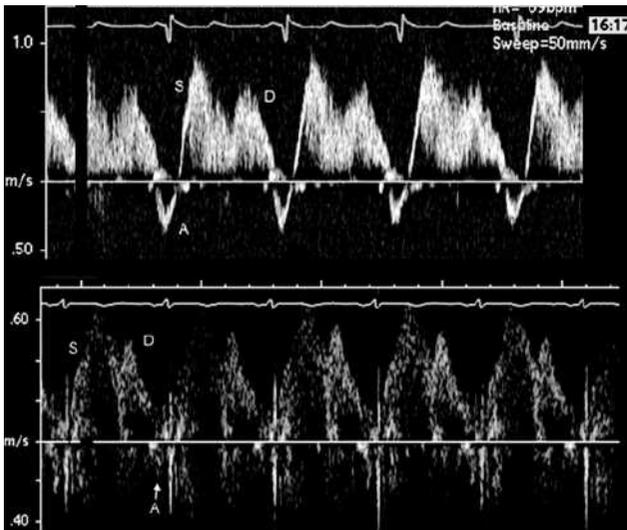
### Alamat korespondensi:

dr.Amiliana M Soesanto, SpJP, Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular FKUI, dan Pusat Jantung Nasional Harapan Kita, Jakarta.  
Email: yogayun@yahoo.com

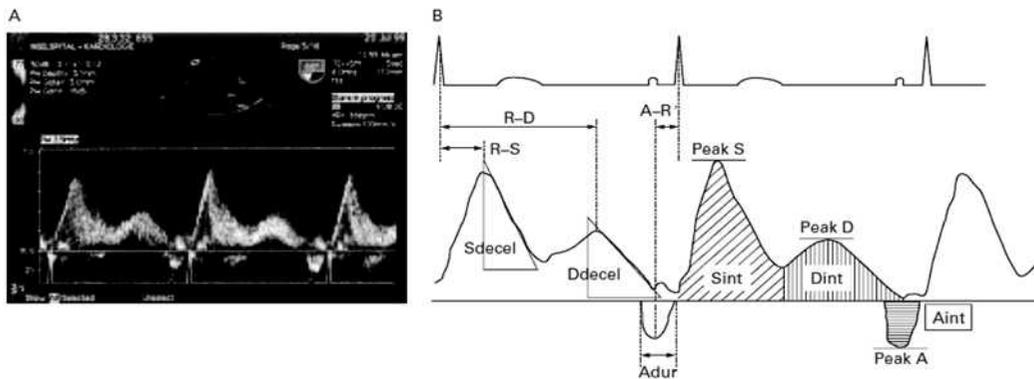
terdiri dari dua puncak, yaitu S1 dan S2. Tidak ada perbedaan signifikan nilai-nilai komponen tersebut antara vena pulmonar kanan dengan kiri.<sup>1</sup> Gelombang sistolik pertama vena pulmonar, S1, terjadi saat awal sistol dan berhubungan dengan relaksasi atrium,

sehingga terjadi penurunan tekanan atrium kiri yang akan mengakibatkan aliran darah dari vena pulmonar ke dalam atrium kiri. Gelombang sistolik kedua, S2, terjadi saat pertengahan hingga akhir sistol yang diakibatkan oleh peningkatan tekanan di vena pulmonar. Pada kondisi tekanan atrium kiri normal, fase sistol akhir akan meningkatkan tekanan vena pulmonar menjadi lebih besar dan lebih cepat daripada tekanan atrium kiri. Sedangkan bila tekanan pengisian meningkat, fase sistol akhir akan meningkatkan tekanan di atrium kiri menjadi sama dengan atau lebih cepat daripada tekanan vena pulmonar, sehingga terjadi kecepatan puncak awal S2. Sedangkan komponen S1, D, dan A mengikuti perubahan tekanan atrium kiri.<sup>5</sup>

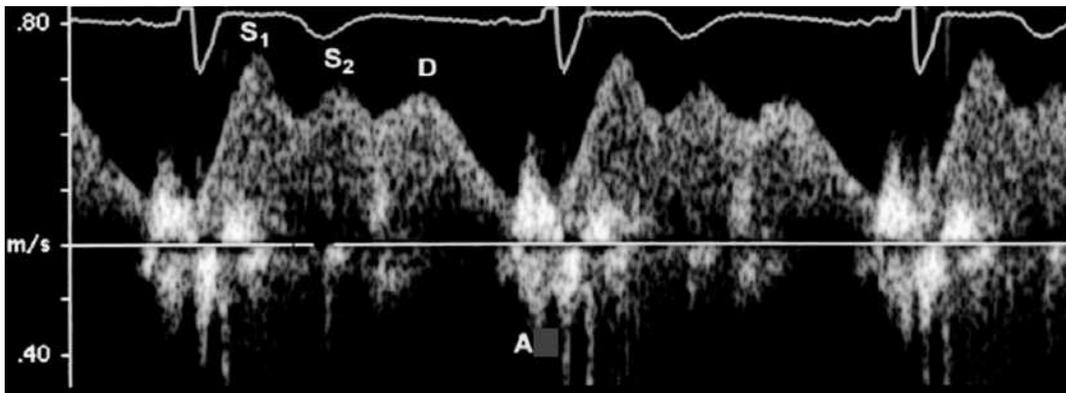
Ketika diastol, aliran terjadi setelah pembukaan katup mitral dan diikuti penurunan tekanan atrium kiri. Dengan kontraksi atrium, kenaikan tekanan atrium kiri mengakibatkan aliran reversal ke dalam vena pulmonar. Durasi aliran reversal ini berhubungan dengan tekanan diastolik ventrikel kiri, komplians atrium kiri, dan laju jantung. Fase diastol AVP menyerupai aliran mitralawal (E). Kecepatan puncak dan waktu deselerasi berkorelasi dengan kecepatan E mitral karena fungsi atrium kiri sebagai saluran pasif selama diastol awal. Waktu deselerasi aliran diastolik vena pulmonar akan memendek ketika tekanan baji kapiler paru meningkat. Kecepatan puncak dan durasi



**Gambar 1.** Pulsed Doppler vena pulmonar dengan eko-kardiografi transesofageal (atas) dan *apical four-chamber view* (bawah) pada pasien dengan fungsi diastolik normal. S, gelombang sistolik vena pulmonar; D gelombang diastolik awal vena pulmonar; A gelombang aliran reversal atrium (A). Dikutip dari (4)



**Gambar 2.** (A) Ekokardiografi Doppler transesofageal merekam aliran vena pulmonar atas kanan pada laki-laki 67 tahun. (B) Ilustrasi komponen kecepatan aliran vena pulmonar. Adur, durasi puncak pengisian atrium akhir (ms); Aint, integral waktu-kecepatan aliran reversal saat kontraksi atrium (m); A-R', waktu dari puncak kecepatan gelombang A ke gelombang R EKG (ms); Ddecel, waktu deselerasi aliran diastolik (ms); Dint, integral waktu-kecepatan aliran diastolik (m); Peak A, puncak aliran reversal saat kontraksi atrium (cm/s); Peak D, puncak kecepatan aliran diastolik (cm/s); Peak S, puncak kecepatan aliran sistolik (cm/s); R-D time, waktu dari gelombang R EKG ke puncak kecepatan aliran diastolik (ms); R-S time, waktu dari gelombang R EKG ke puncak kecepatan aliran sistolik (ms); Sdecel, waktu deselerasi aliran sistolik (ms); Sint, integral waktu-kecepatan aliran sistolik (m). Dikutip dari (1)



**Gambar 3.** Profil kecepatan aliran vena pulmonar dengan dua komponen gelombang sistolik. Gelombang sistolik vena pulmonar biasanya lebih besar daripada gelombang diastolik awal. S1 gelombang sistolik pertama vena pulmonar, S2 gelombang sistolik kedua vena pulmonar, D gelombang diastolik awal vena pulmonar, A gelombang aliran reversal atrium vena pulmonar. Dikutip dari (2)

A vena pulmonar akan meningkat bila tekanan diastol akhir ventrikel kiri tinggi.<sup>5</sup>

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Aliran Vena Pulmonar

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi AVP, antara lain umur, preload, fungsi ventrikel kiri, konduksi atrioventrikular, dan laju jantung. Peningkatan atau penurunan preload dapat mengubah kecepatan S2 dan A yang menggambarkan mekanisme Frank-Starling.<sup>2</sup> Jadi, AVP juga dapat digunakan untuk menilai perubahan preload ventrikel kiri. Peningkatan perbandingan S:D sesuai umur menggambarkan peningkatan puncak S disertai penurunan puncak D. Puncak A dan integral waktu-kecepatan aliran reversal saat kontraksi atrium juga berkaitan dengan umur, tetapi hanya ditemukan pada pemeriksaan dengan ETT.<sup>1</sup>

Ada korelasi antara kecepatan S2 dengan tekanan atrium kiri. Perubahan yang dipicu oleh volum terhadap perbandingan S2:D berkorelasi positif dengan perubahan tekanan atrium kiri pada individu dengan fungsi ventrikel kiri normal. Hal ini menunjukkan perbandingan S2:D dapat memperkirakan fungsi cadangan atrium kiri. Pada kondisi fungsi ventrikel kiri baik, AVP dapat memperkirakan tekanan rerata atrium kiri yang sangat ditentukan fungsi atrium.<sup>2</sup> Tabel 1 menunjukkan faktor-faktor atrium kiri dan ventrikel kiri yang mempengaruhi AVP.

### Kegunaan Ekokardiografi Aliran Vena Pulmonar

Salah satu kegunaan ekokardiografi AVP adalah untuk membedakan perikarditis restriktif dengan kardiomiopati restriktif, memperkirakan tekanan pengisian ventrikel kiri, mengevaluasi disfungsi diastolik ventrikel kiri, fungsi

**Tabel 1.** Faktor-faktor Atrium Kiri dan Ventrikel Kiri yang Mempengaruhi Aliran Vena Pulmonar

	Fungsi Ventrikel Kiri	Fungsi Atrium Kiri
Gelombang sistolik pertama		Relaksasi atrium
Gelombang sistolik kedua	Kontraksi ventrikel kiri	Fungsi penyimpanan
	Kontraksi ventrikel kanan	Komplians atrium
Gelombang diastolik awal	Relaksasi ventrikel	Fungsi penyaluran
	Kekakuan ventrikel	
Gelombang reversal atrium	Kekakuan ventrikel	Fungsi pompa
		Komplians atrium

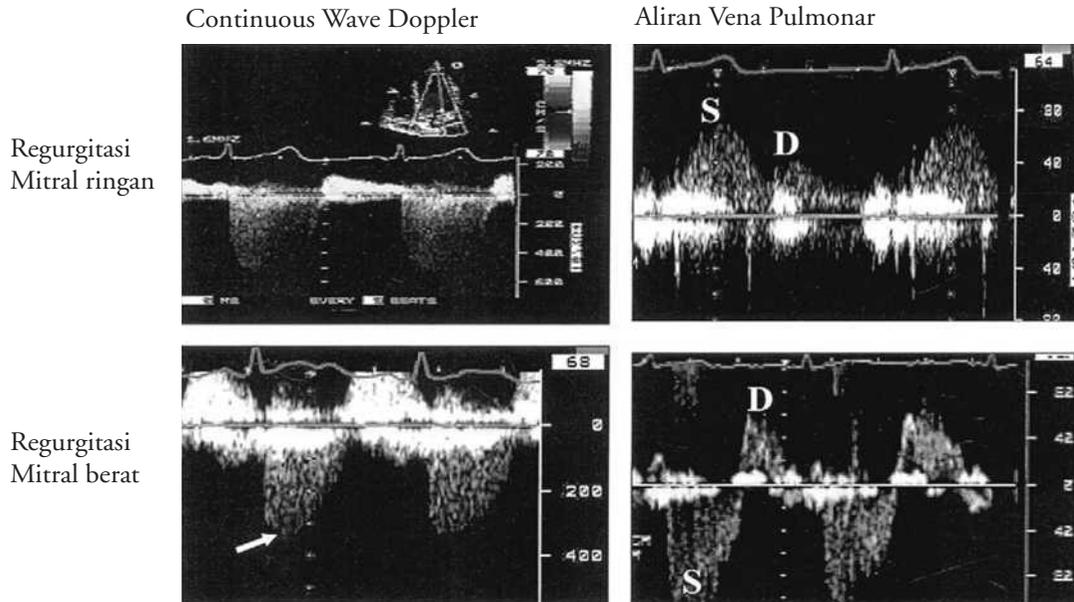
Dikutip dari (2)

atrium kiri, serta keparahan regurgitasi mitral.<sup>2,4</sup> Reversal gelombang sistolik vena pulmonar spesifik tetapi tidak sensitif untuk regurgitasi mitral yang berat.<sup>6</sup>

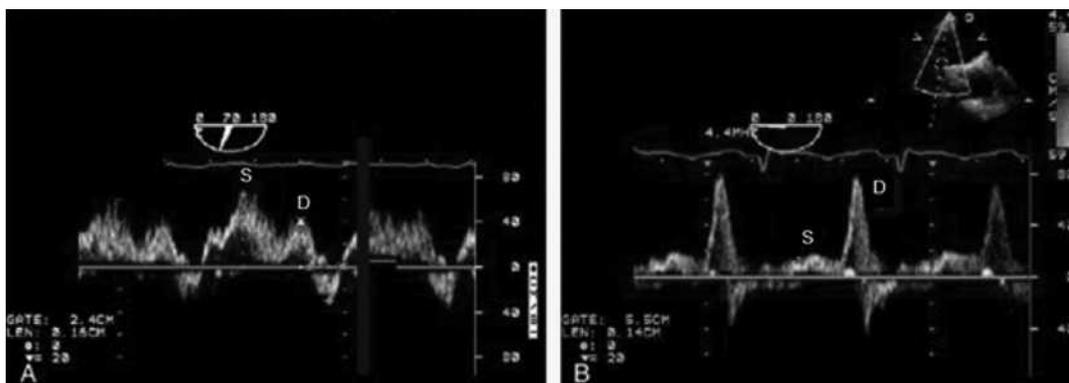
Penurunan nilai perbandingan S:D menunjukkan peningkatan tekanan diastolik akhir ventrikel kiri dengan faktor perancu laju jantung dan fungsi sistolik ventrikel kiri.<sup>1</sup> Durasi A berguna sebagai parameter untuk menilai disfungsi diastolik juga.<sup>4</sup> Pola kecepatan

aliran mitral dapat dinilai menggunakan AVP, terutama jika gelombang E dan A mitral fusi. Pada gangguan relaksasi ditemukan S2 lebih besar daripada D, sedangkan pada gangguan restriktif S2 lebih kecil daripada D. Pada kondisi fibrilasi atrium, S1 hilang dan S2 biasanya lebih kecil daripada D.<sup>5</sup>

Dari hasil penelitian Kinnaird dkk ditemukan bahwa waktu deselerasi gelombang diastolik vena pulmonar



**Gambar 4.** Rekaman *continuous wavedoppler* dan aliran vena pulmonar dengan menggunakan *pulsed doppler* pada regurgitasi mitral ringan dan berat. Pada regurgitasi mitral ringan, tampak jet dengan densitas lemah dan berbentuk parabola dan membulat. Sedangkan pada regurgitasi mitral berat, jet lebih jelas dan berbentuk segitiga (anak panah). Aliran vena pulmonar normal pada regurgitasi mitral ringan memiliki gelombang sistolik dominan, sebaliknya pada regurgitasi mitral berat tampak reversal gelombang sistolik. D, gelombang diastolik; S, gelombang sistolik. Dikutip dari (6)



**Gambar 5.** Rekaman aliran vena pulmonar dengan ekokardiografi transesofageal. (A) Normal. (B) Gelombang sistolik menurun dan gelombang diastolik meningkat pada pasien dengan tekanan atrium kiri yang bertambah karena gagal jantung kiri. D, gelombang diastolik; S, gelombang sistolik. Dikutip dari (4)

yang diukur dengan ekokardiografi berbanding lurus dengan tekanan arteri pulmonar. Saat diastol awal, aliran darah akan ke ventrikel kiri dan menyebabkan penurunan tekanan atrium kiri dengan cepat pada kondisi komplians atrium kiri yang buruk. Aliran vena pulmonar ke dalam atrium kiri dengan komplians yang rendah akan menyebabkan kenaikan tekanan atrium kiri secara cepat, sehingga akan menurunkan gradien tekanan dan waktu deselerasi aliran pulmonar saat diastol awal menjadi lebih pendek.<sup>7</sup>

Estimasi tekanan atrium kiri berdasarkan waktu deselerasi diastolik:

$$LAP = 53,236 - \{0,3022 - DTD\} + \{0,000484 (DTD)^2\}$$

LAP, tekanan atrium kiri (mmHg); DTD, waktu deselerasi diastolik (ms). Dikutip dari (7)

## Kesimpulan

Aliran vena pulmonar terdiri dari S, D, dan A. Ekokardiografi AVP dapat digunakan sebagai pemeriksaan diagnostik non invasif yang banyak memberikan informasi tentang fungsi atrium kiri dan ventrikel kiri. Beberapa parameter tersebut perlu disesuaikan bila menggunakan ETE karena perbedaan teknik dan hemodinamik.

## Daftar pustaka

1. Marchi SF, Bodenmüller M, Lai DL, Seiler C. Pulmonary Venous Flow Velocity Patterns in 404 Individuals without Cardiovascular Disease. *Heart* 2001;85:23-9.
2. Tabata T, Thomas JD, Klein AL. Pulmonary Venous Flow by Doppler Echocardiography: Revisited 12 Years Later. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1243-50.
3. Keren G, Sherez J, Megidish R, Levitt B, Laniado S. Pulmonary Venous Flow Pattern--Its Relationship to Cardiac Dynamics. A Pulsed Doppler Echocardiographic Study. *Circulation* 1985;71:1105-12.
4. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Left Atrium, Right Atrium, and Right Ventricle. In: Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, eds. *Feigenbaum's Echocardiography, the 6th Edition: Lippincott Williams & Wilkins*; 2005:181-214.
5. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. Assessment of Diastolic Function and Diastolic Heart Failure. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. *Echo Manual, The 3rd Edition: Lippincott Williams & Wilkins*; 2006:120-42.
6. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, et al. American Society of Echocardiography Report. Recommendations for Evaluation of the Severity of Native Valvular Regurgitation with Two-dimensional and Doppler Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:777-802.
7. Kinnaird TD, Thompson CR, Munt BI. The Deceleration Time of Pulmonary Venous Diastolic Flow Is More Accurate Than the Pulmonary Artery Occlusion Pressure in Predicting Left Atrial Pressure. *JACC* 2001;37:2025-30.