

GAMBARAN EKO KARDIOGRAFI JANTUNG BAGIAN KANAN PADA PASIEN HIPERTENSI PULMONAL

Sultan Daiyansyah¹, Sidhi Laksono^{2*}

^{1,2}Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Tangerang, Indonesia

*Email Korespondensi: sidhilaksono@uhamka.ac.id

Submitted: 14-02-2022, Reviewer: 10-05-2022, Accepted: 30-05-2022

ABSTRACT

Pulmonary hypertension is an increase in blood pressure in the pulmonary artery that carries blood from the right side of the heart to the lungs. As a result, the right heart has to work harder against the prisoner in order to deliver blood to the lungs. Right ventricular echocardiography in pulmonary hypertension patients can use measurements of Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE), Tricuspid Regurgitation Volume Max (TR Vmax), and Mean Pulmonary Arterial Pressure (MPAP). This study uses descriptive methods, with the population being poly-heart patients of Hasna Medika Cirebon Heart Hospital who conducted echocardiography examinations from May to June 2021. Analysis of the results of the study using descriptive analysis by taking a number of 30 patients who indicated pulmonary hypertension from the results of echocardiography examinations and more male patients as many as 17 people indicated pulmonary hypertension than in female patients as many as 13 people. It found that more patients experienced a decrease in right heart systolic function on TAPSE measurements as much as 57% of 30 patients. In this study there were more pulmonary hypertension patients with a low probability of regurgitation in the tricuspid valve as much as 60% of the 30 patients.

Keywords: *Echocardiography, Pulmonary Hypertension, Tricuspid Regurgitation, TAPSE.*

ABSTRAK

Hipertensi pulmonal adalah peningkatan tekanan darah di arteri pulmonalis yang membawa darah dari sisi kanan jantung ke paru. Sebagai akibatnya, jantung kanan harus bekerja lebih keras melawan tahanan agar dapat mengantarkan darah ke paru. Gambaran Ekokardiografi ventrikel kanan pada pasien hipertensi pulmonal bisa menggunakan pengukuran Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE), Tricuspid Regurgitation Volume Max (TR Vmax), dan Mean Pulmonary Arterial Pressure (MPAP). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, dengan populasi yaitu pasien poli jantung Rumah Sakit Jantung Hasna Medika Cirebon yang melakukan pemeriksaan ekokardiografi dari bulan Mei hingga Juni 2021. Analisa hasil penelitian menggunakan analisa deskriptif dengan mengambil sejumlah 30 pasien yang terindikasi hipertensi pulmonal dari hasil pemeriksaan ekokardiografi dan lebih banyak pasien laki laki sebanyak 17 orang yang terindikasikan hipertensi pulmonal dari pada pasien perempuan sebanyak 13 orang. Ditemukan pasien yang lebih banyak mengalami penurunan fungsi sistolik jantung kanan pada pengukuran TAPSE sebanyak 57% dari 30 pasien. Pada penelitian ini terdapat lebih banyak pasien hipertensi pulmonal dengan probabilitas regurgitasi pada katup trikuspid yang rendah sebanyak 60% dari 30 pasien.

Kata Kunci: *Ekokardiografi, Hipertensi Pulmonal, Tricuspid Regurgitation, TAPSE.*

PENDAHULUAN

Hipertensi Pulmonal (HP) diperkirakan terdapat 25 ribu pasien Hipertensi Paru di Indonesia dengan prevalensi Hipertensi Pulmonal didunia 1 pasien per 10.000 penduduk berdasarkan data yang dihimpun selama beberapa tahun

terakhir oleh YHPI (Yayasan Hipertensi Paru Indonesia) (Wahyudi, 2021).

Hipertensi Pulmonal (HP) juga dapat didefinisikan sebagai gangguan fisiologis yang menyebabkan berbagai kondisi klinis dan komplikasi terutama pada sistem kardiovaskular respirasi. Pada HP terjadi

peningkatan dari *mean pulmonary arterial pressure* (mPAP) ≥ 25 mmHg pada saat istirahat. Nilai normal mPAP pada istirahat adalah 14 ± 3 mmHg dengan batas atas sekitar 25 mmHg. Pasien dengan HP biasanya memiliki gejala klinis yang tidak khusus. Gejala HP antara lain sesak, kelelahan, nyeri dada dan *syncope* (Rasmin, Putra, Septiyani, & Alatas, 2018).

Salah satu cara mengetahui penyakit hipertensi pulmonal dengan pemeriksaan Ekokardiografi. Ekokardiografi (biasa disingkat '*Echo*') dalam praktik klinis merupakan alat pencitraan diagnostik penting dalam pemeriksaan penunjang diagnosis kardiologi, yang menggunakan teknologi ultrasound. (Olson, 2021)

Banyak penyakit yang dapat menyebabkan elevasi arteri pulmonalis tekanan. Oleh karena itu, istilah 'hipertensi pulmonal' bukanlah final diagnosis, tetapi titik awal untuk penyelidikan lebih lanjut. Secara umum, penyebab utama hipertensi pulmonal adalah (1) penyempitan atau obstruksi arteri pulmonalis, (2) dan peningkatan tekanan vena pulmonal, (3) elevasi persisten aliran darah paru, (4) penyakit tromboemboli kronis, atau (5) penyebab lain-lain. (Firth, Conlon, & Cox, 2020). Peningkatan aliran darah atau peningkatan resistensi arteri pulmonal merupakan salah satu penyebab hipertensi pulmonal. Luasnya daerah persilangan dari sirkulasi pulmonal dapat menyebabkan tekanan yang rendah sehingga resistensi menjadi rendah, dengan seperti itu meningkatnya resistensi pembuluh darah arteri pulmonal atau aliran darah pulmonal akan menyebabkan hipertensi pulmonal. Hipertensi pulmonal primer atau idiopatik merupakan penyakit obstruksi pembuluh darah pulmonal yang disebabkan oleh proliferasi sel endotel kapiler yang patologik. (Dimiati & Indriasari, 2012)

Pada pasien dengan hipertensi pulmonal memiliki gejala klinis yang tidak khas. Gejala hipertensi pulmonal antara lain: Sesak napas, kelelahan, nyeri dada, dan *syncope* (Rasmin, Putra, Septiyanti, & Alatas, 2018).

Dalam penelitian ini penulis memfokuskan tentang pemeriksaan ekokardiografi pada pasien hipertensi pulmonal untuk mengetahui gambaran ekokardiografi jantung bagian kanan menggunakan metode pengukuran *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion* (TAPSE), *Tricuspid Regurgitation Volume Max* (TR Vmax), dan *Mean Pulmonary Arterial Pressure* (MPAP).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, peneliti menggunakan data primer dengan tenggat waktu penelitian yang terbatas. Pengumpulan data secara primer dilakukan dengan mendata dari berkas hasil pemeriksaan ekokardiografi pada pasien poli jantung yang terindikasi hipertensi. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2021. Penelitian dilakukan diruangan diagnostik ekokardiografi Rumah Sakit Jantung Hasna Medika Cirebon.

Populasi pada penelitian ini yaitu pasien poli jantung Rumah Sakit Jantung Hasna Medika Cirebon yang melakukan pemeriksaan ekokardiografi dari bulan Mei hingga Juni 2021. Sampel dalam penelitian ini berjumlah 30 pasien yang hasil pemeriksaannya mengindikasikan hipertensi pulmonal.

Analisis data hasil penelitian menggunakan analisa deskriptif berupa distribusi frekuensi serta mean, median, modus untuk mengukur data numerik, yaitu dengan mengukur MPAP untuk menilai keberadaan hipertensi pulmonal, TR Vmax untuk mengukur keparahan regurgitasi katup trikuspid, serta TAPSE untuk mengukur adanya penurunan fungsi kontraktilitas ventrikel kanan yang diakibatkan hipertensi pulmonal.

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Subjek Penelitian

Dari bulan Mei hingga Juni 2021 didapatkan 30 orang pasien yang

melakukan pemeriksaan ekokardiografi, dengan hasil pada pemeriksaan terindikasi hipertensi pulmonal.

Berdasarkan pada tabel 1, karakteristik jenis kelamin subjek penelitian, jenis kelamin laki-laki merupakan subjek terbanyak dalam penelitian ini, yaitu ada sebanyak 17 orang (57%) dibandingkan perempuan ada sebanyak 13 orang (43%). Berdasarkan karakteristik usia subjek penelitian didapatkan nilai *mean* usia 53 tahun, median 53 tahun dan modus 69 tahun. Gambaran pada jantung bagian

kanan meliputi penilaian fungsi pada ventrikel kanan menggunakan pengukuran TAPSE dan penilaian regurgitasi pada katup trikuspid menggunakan pengukuran TR Vmax. Pada tabel karakteristik penelitian ini didapatkan nilai pada TR Vmax dari 30 subjek didapatkan *mean* 2 m/s, median 3 m/s, dan modus 3 m/s. Terdapat 18 subjek (60%) dengan nilai TR Vmax *low*, terdapat 10 subjek (33%) dengan nilai *intermediate*, dan terdapat 2 subjek (7%) dengan nilai *high*.

Tabel 1 Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	Mean	Median	Modus	Proporsi (%)	Satuan
Jenis Kelamin					
Laki-laki				17(57)	
Perempuan				13(43)	
Usia	53	53	69		Tahun
TR Vmax	2	3	3		m/s
<i>Low</i> ≤ 2.8				18(60)	
<i>Intermediate</i> 2.9 - 3.4				10(33)	
<i>High</i> > 3.4				2(7)	
MPAP	39	36	52		mmHg
Normal < 25				0(0)	
Hipertensi Pulmonal ≥ 25				30(100)	
TAPSE	17	17	19		mmHg
Normal ≥ 17				13(43)	
<i>Reduce</i> < 17				17(57)	

TR Vmax = *Tricuspid Regurgitation Volume Max*; MPAP = *Mean Pulmonary Arterial Pressure*; TAPSE = *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion*; HP = Hipertensi Pulmonal

Selanjutnya, nilai pada MPAP dari 30 subjek didapatkan *mean* 39 mmHg, median 36 mmHg, dan modus 52 mmHg. Pada penelitian ini, populasi yang berjumlah 30 subjek terindikasi hipertensi pulmonal. Untuk mengetahui fungsi kontraktilitas ventrikel kanan yaitu menggunakan pengukuran TAPSE, nilai pada TAPSE dari 30 subjek didapatkan *mean* 17 mm, median 17 mm, dan modus 19 mm. Terdapat 17 subjek (57%) dengan nilai *Reduce*, dan

terdapat 13 subjek (43%) dengan nilai normal.

Hasil Pengamatan Pemeriksaan Ekokardiografi

Didapatkan hasil dari pengamatan pemeriksaan ekokardiografi pada 30 pasien dengan hasil pada pemeriksaan terindikasi hipertensi pulmonal menggunakan alat Ekokardiografi Esaote MyLabFive dan MyLabTwice dengan transduser sektor PA240.

Tabel 2 Hasil Pengamatan Pemeriksaan Ekokardiografi

Hasil Pengamatan Pemeriksaan Ekokardiografi
Teknik Pemeriksaan Ekokardiografi pada 30 pasien
Gambaran Karakteristik:
1) PSAx
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pulmonary Vein flow</i> <ul style="list-style-type: none"> - B-Mode, letakan kursor pada pembuluh darah arteri pulmonal. - PW (<i>Pulse Wave</i>), spektrum doppler menggambarkan adanya panjang gelombang kebawah yang abnormal. - MPAP, mengukur gelombang dengan cara <i>men-trace</i> dari awal hingga akhir muncul gelombang abnormal pada spektrum doppler, jika nilai hasil pengukuran lebih dari sama dengan 25 mmHg, maka pasien tersebut mengalami hipertensi pulmonal. $MPAP = 79 - (0,45 \times Acceleration Time)$
2) 4 <i>Apical Chamber</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi Ventrikel Kanan <ul style="list-style-type: none"> - M-Mode, arah kan kursor pada katup trikuspid bagian lateral untuk mendapatkan gambaran M-MODE annulus katup trikuspid lalu tekan <i>freeze</i>. - TAPSE, klik pengukuran TAPSE pada alat, lalu arahkan <i>trackball</i> pada lembah pada gambaran M-MODE lalu tarik hingga ke titik puncak, nilai normal pada TAPSE lebih dari sama dengan 17 mm. • Katup Trikuspid <ul style="list-style-type: none"> - CW (<i>Continuous Wave</i>), letakan kursor pada jet regurgitasi katup trikuspid hingga muncul gambaran spektrum doppler pada layar monitor lalu tekan <i>freeze</i>. - TR Vmax, tekan <i>measure</i> pada alat dan pilih TR Vmax, lalu letakan kursor pada titik puncak pada gambaran spektrum doppler untuk mengukur kecepatan maksimum regurgitasi tersebut dan didapatkan nilai <i>peak TR velocity</i>. Dengan nilai <i>Mild</i> ≤ 2.8 m/s, <i>Moderate</i> 2.9 - 3.4 m/s, dan <i>Severe</i> > 3.4 m/s.

Berdasarkan tabel 2 hasil pengamatan pemeriksaan ekokardiografi didapatkan hasil sebagai berikut : teknik pemeriksaan ekokardiografi yang dilakukan pada 30 subjek penelitian sudah sesuai dengan pedoman pemeriksaan ekokardiografi, dengan langkah pemeriksaan dilakukan dengan 3 modalitas yaitu B-Mode, M-Mode, PW, serta CW; dan dua pengambilan posisi gambaran ekokardiografi yaitu *Parasternal Short Axis* (PSAx) untuk mengukur tekanan pembuluh darah arteri pulmonal, dan 4 *Apical Chamber* untuk mengukur fungsi ventrikel kanan serta regurgitasi pada trikuspid. Teknik pemeriksaan pada pengukuran tekanan pembuluh darah arteri pulmonal menggunakan MPAP, pada fungsi ventrikel

kanan menggunakan TAPSE, dan mengukur regurgitasi katup trikuspid untuk mengetahui derajat keparahan hipertensi pulmonal menggunakan TR Vmax. Penempatan titik transduser dengan beberapa teknik yaitu *Rotating, Tilting, Sliding, Cornering*. secara *transversal* maupun *longitudinal*.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di poli jantung Rumah Sakit Jantung Hasna Medika Cirebon dengan responden sejumlah 30 pasien, hasil dari ekokardiografi menunjukkan bahwa semua sampel mengalami hipertensi pulmonal, dengan nilai MPAP yang didapatkan pada semua pasien telah mencapai dan melebihi nilai pada batasan yang di indikasikan

hipertensi pulmonal yaitu ≥ 25 mmHg. Hal ini juga dikemukakan oleh Habibah tahun 2018 pada Jurnal Anestesiologi Indonesia bahwa nilai MPAP pada pasien yang menderita hipertensi pulmonal adalah lebih dari sama dengan 25 mmHg pada tekanan arteri pulmonal nya. Menurut Nicholas W. Morrell tahun 2020 menyebutkan pada *International Journal of Cardiology* bahwa hipertensi pulmonal lebih terjadi pada jenis kelamin perempuan dibandingkan laki-laki, sedangkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa hipertensi pulmonal lebih banyak diderita oleh laki-laki yaitu sebanyak 17 orang jika dipersentasikan sebesar 57% dibandingkan dengan perempuan sebanyak 13 orang jika dipersentasikan sebesar 43% dari jumlah seluruh sampel yang diteliti. Data ini masih perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari jenis kelamin terhadap Hipertensi Pulmonal.

Pada penelitian ini nilai pengukuran TAPSE yang didapatkan dan diolah, ditemukan bahwa dari 30 pasien terdapat lebih banyak pasien yang mengalami penurunan fungsi pada ventrikel kanan sebanyak 57%, sedangkan sebanyak 43% pasien yang hasil pemeriksaan ekokardiografinya tidak menunjukkan penurunan fungsi kontraktilitas ventrikel kanan nya. Penelitian yang sama dilakukan oleh Kurt W. Prins, dkk tahun 2019 yang meneliti 147 sampel menggunakan pengukuran TAPSE juga menemukan lebih banyak sampel yang mengalami penurunan fungsi kontraktilitas ventrikel kanan yang diakibatkan hipertensi pulmonal sebanyak 99 orang. (Prins, Rose, & Archer, 2019)

Dalam penelitian ini, penilaian pada regurgitasi katup trikuspid menggunakan alat ekokardiografi melalui pengukuran TR Vmax dengan kriteria *Low Probability of PH* dengan nilai kurang dari sama dengan 2.8 m/s, *Intermediate Probability of PH* dengan nilai 2.9 m/s hingga 3.4 m/s, sedangkan *High Probability of PH* dengan nilai lebih dari 3,4 m/s. Dari data penelitian yang diperoleh dan diolah, maka nilai pada TR VMax dari 30 sampel pada pasien poli jantung Rumah Sakit Jantung Hasna

Medika Cirebon sebagai berikut; terdapat 18 sampel atau setara 60% yang mempunyai nilai *Low Probability of PH*, terdapat 10 sampel atau setara 33% yang mempunyai nilai *Intermediate Probability of PH*, dan terdapat 2 sampel atau setara 7% yang mempunyai nilai *High Probability of PH*. Dari data tersebut diatas, disimpulkan dari 30 sampel pada pasien poli jantung Rumah Sakit Jantung Hasna Medika Cirebon yang mengalami Hipertensi Pulmonal menunjukkan bahwa lebih banyak pasien yang memiliki kriteria *low Probability of PH* yaitu sebanyak 60%. Hal ini juga dikemukakan oleh Alberto M. Marra tahun 2018 bahwa sebagian besar pasien hipertensi pulmonal dengan probabilitas yang rendah mengalami kebocoran pada katup trikuspid. (Marra & Naeije, 2018)

Pada penelitian ini gambaran yang didapatkan pada jantung bagian kanan pada pasien hipertensi pulmonal meliputi penilaian fungsi ventrikel kanan menggunakan pengukuran TAPSE ditemukan pada sebagian besar pasien mengalami penurunan fungsi pada ventrikel kanan, penilaian regurgitasi katup trikuspid menggunakan pengukuran TR Vmax ditemukan pada sebagian besar pasien mengalami kebocoran katup trikuspid pada tingkat yang rendah, dan penilaian tekanan arteri pulmonal ditemukan pada semua pasien mengalami peningkatan tekanan pada arteri pulmonal. Dalam penelitian ini, didapatkan hasil pengamatan tata cara pemeriksaan ekokardiografi pada pasien hipertensi pulmonal, teknik pemeriksaan ekokardiografi yang dilakukan pada 30 subjek penelitian sudah sesuai dengan pedoman pemeriksaan ekokardiografi, dengan langkah pemeriksaan dilakukan dengan 3 modalitas yaitu B-Mode, M-Mode, PW, serta CW; dan dua pengambilan posisi gambaran ekokardiografi yaitu *Parasternal Short Axis* (PSAx) untuk mengukur tekanan pembuluh darah arteri pulmonal, dan 4 *Apical Chamber* untuk mengukur fungsi ventrikel kanan serta regurgitasi pada trikuspid.

Teknik pemeriksaan pada pengukuran penilaian tekanan pembuluh darah arteri pulmonal menggunakan MPAP, seperti yang disebutkan oleh Augustine dan Coates pada tahun 2018 yaitu penilaian tekanan pada pembuluh darah arteri pulmonal saat ini masih menggunakan pengukuran *Mean Pulmonary Artery Pressure* (MPAP) dengan nilai normal dibawah 25 mmHg. Selanjutnya pengukuran pada fungsi ventrikel kanan menggunakan TAPSE, juga sesuai dengan yang ditulis oleh Orsinelli pada tahun 2018 yaitu pengukuran fungsi ventrikel kanan pada ekokardiografi menggunakan penilaian TAPSE. (Orsinelli, 2018). Pengukuran regurgitasi katup trikuspid untuk mengetahui derajat hipertensi pulmonal menggunakan TR Vmax, juga disebutkan oleh Augustin dan Coates tahun 2018 bahwa pengukuran TR Vmax salah satu pengukuran untuk menentukan hipertensi pulmonal pada pasien. (Augustine & Coates-Bradshaw, 2018)

SIMPULAN

Kelainan yang diakibatkan Hipertensi Pulmonal sebagian besar adalah penurunan fungsi pada ventrikel kanan dan regurgitasi pada katup trikuspid. Fungsi jantung bagian kanan adalah menerima darah terdeoksigenasi dari seluruh tubuh dan memompanya ke paru-paru sebagai sistem awal sirkulasi pulmonal. Hipertensi Pulmonal merupakan kondisi peningkatan tekanan pada arteri pulmonal yang disebabkan oleh meningkatnya aliran darah atau peningkatan resistensi arteri pulmonal. Selain itu, gambaran jantung bagian kanan pada pasien hipertensi pulmonal memiliki beberapa kelainan seperti penurunan fungsi ventrikel kanan, regurgitasi pada katup trikuspid dan peningkatan pada tekanan arteri pulmonal.

REFERENSI

American Heart Association. (2020). *Problem: Tricuspid Valve Regurgitation*. Retrieved July 25, 2021, from American

HeartAssociation:<https://www.heart.org/en/health-topics/heart-valve-problems-and-disease/heart-valve-problems-and-causes/problem-tricuspid-valve-regurgitation>

- Augustine, D., & Coates-Bradshaw, L. (2018). Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension: a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *The British Society of Echocardiography*, G14-G15.
- Coates-Bradshaw, L., & Augustine, D. (2018). Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension; a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *The British Society of Echocardiography*, G13.
- Dimiati, H., & Indriasari, P. (2012). Tatalaksana Hipertensi Pulmonal Pada Anak. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, Volume 12 Nomor 1.
- Drago, J., Williams, G. H., & Lilly, L. S. (2019). Hipertensi. In L. S. Lilly, *Patofisiologi Penyakit Jantung, Kolaborasi Mahasiswa dan Dosen Edisi 6* (pp. 319-320). Jakarta: Medik.
- Firth, J., Conlon, C., & Cox, T. (2020). *Oxford Textbook of Medicine: Sixth Edition Volume 3*. Oxford: Oxford University Press.
- Habibah, S. (2018). Manajemen Hipertensi Pulmonal Perioperatif pada Bedah Jantung. *Jurnal Anestesiologi Indonesia*, 189.
- Hellenkamp, K. (2018). Echocardiographic Estimation of Mean Pulmonary Artery Pressure: A Comparison of Different Approaches to Assign the Likelihood of Pulmonary Hypertension. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 89.
- Laizzo, P. (2015). *Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Device; Thrid Edition*. Minneapolis: Springer.
- Marieb, E., & Hoehn, K. (2016). *Human Anatomy & Physiology, Tenth Edition*. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Marra, A., & Benjamin, N. (2016). Reference ranges and determinants of

- right ventricle outflow tract acceleration time in healthy adults by two-dimensional echocardiography. *International Journal Cardiovascular Imaging*, 7.
- Marra, A., & Naeije, R. (2018). Reference Ranges and Determinants of Tricuspid Regurgitation Velocity in Healthy Adults Assessed by Two-Dimensional Doppler-Echocardiography. *Karger*, 426.
- Oktavia, D., & Nasution, S. A. (2016). Profil Fungsi Sistolik dan Diastolik Ventrikel Kanan. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, Vol. 3, No.1.
- Olson, K. (2021). *Oxford Handbook of Cardiac Nursing: Third Edition*. Oxford: Oxford University Press 2021.
- Orsinelli, D. A. (2018, Agustus). *The American Society of Echocardiography Recommendation For Cardiac Chamber*. Retrieved Juli Jumat, 2021, from Asecho: <https://asecho.org/wp-content/uploads/2018/08/WFTF-Chamber-Quantification-Summary-Doc-Final-July-18.pdf>
- Parasuraman, S., & Walker, S. (2015). Assessment of pulmonary artery pressure by echocardiography—A comprehensive review. *IJC Heart & Vasculature*, 7.
- Prakoso, R. (2021). *Mengenal Hipertensi Paru pada Penyakit Jantung Bawaan*. Retrieved Mei 24 (19:40), 2021, from Pusat Jantung Nasional Harapan Kita: <https://pjnkh.go.id/artikel/mengenal-hipertensi-paru-pada-penyakit-jantung-bawaan>
- Prins, K., Rose, L., & Archer, S. (2019). Clinical Determinants and Prognostic Implications of Right Ventricular Dysfunction in Pulmonary Hypertension Caused by Chronic Lung Disease. *Journal of the American Heart Association*, 5.
- Prisco, S., & Thenappan, T. (2020). Treatment Targets for Right Ventricular Dysfunction in Pulmonary Arterial Hypertension. *JACC: Basic to Translational Science*, 1245.
- Rasmin, M., Putra, A. C., Septiyani, D., & Alatas, M. F. (2018). *Hipertensi Pulmoner, Pedoman Diagnosis dan Penatalaksanaan di Indonesia*. Jakarta: Perhimpunan Dokter Paru Indonesia 2018.
- Rasmin, M., Putra, A. C., Septiyanti, D., & Alatas, M. F. (2018). Definisi, Klasifikasi, dan Epidemiologi Hipertensi Pulmoner. In P. D. 2018, *Hipertensi Pulmoner, Pedoman Diagnosis dan Penatalaksanaan di Indonesia* (p. 11). Jakarta: Perhimpunan Dokter Paru Indonesia.
- Rilantono, L. (2018). *Penyakit Kardiovaskular (PKV) 5 Rahasia*. Jakarta: Badan Penerbit FKUI.
- Saladin, K., Gan, C., & Cushman, H. (2018). *Anatomy & Physiology: The Unity Of Form And Function, Eighth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Wahyudi, F. (2021). *Mengenal Hipertensi Pulmonal*. Retrieved Desember 25, 2021, from Pusat Jantung Nasional Harapan Kita: <https://pjnkh.go.id/artikel/mengenal-hipertensi-pulmonal>
- Wahyuningsih, H. P., & Kusmiyati, Y. (2017). *Bahan Ajar Kebidanan: Anatomi Fisiologi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.