

MODUL FISIOLOGI JANTUNG



Disusun Oleh:
Kesit Ivanali

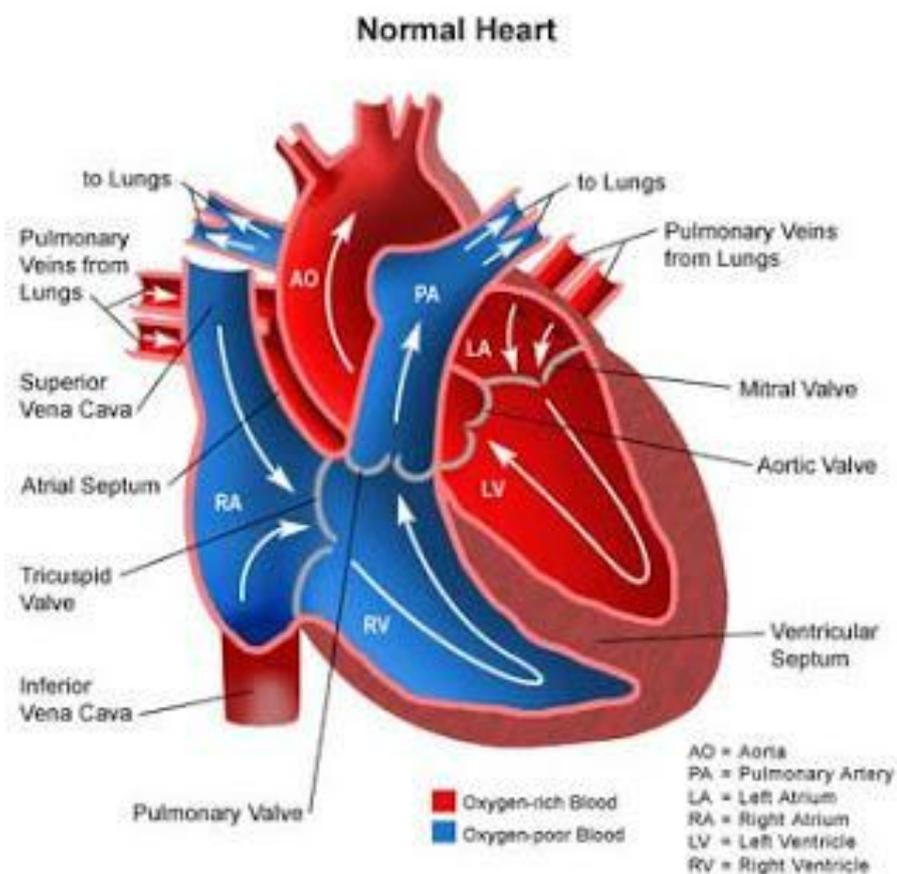
**UNIVERSITAS ESA
UNGGUL FAKULTAS
FISIOTERAPI JAKARTA
2019**

Jantung

Anatomi Jantung

Jantung adalah organ otot yang berongga dan berukuran sebesar kepalan tangan. Fungsi utama jantung adalah memompa darah ke pembuluh darah dengan kontraksi ritmik dan berulang. Jantung normal terdiri dari empat ruang, 2 ruang jantung atas dinamakan atrium dan 2 ruang jantung di bawahnya dinamakan ventrikel, yang berfungsi sebagai pompa. Dinding yang memisahkan kedua atrium

dan ventrikel menjadi bagian kanan dan kiri dinamakan septum.⁸



Gambar 1. Jantung normal dan sirkulasinya.

Batas-batas jantung:

- Kanan : vena cava superior (VCS), atrium kanan, vena cava inferior (VCI)
- Kiri : ujung ventrikel kiri
- Anterior : atrium kanan, ventrikel kanan, sebagian kecil ventrikel kiri
- Posterior : atrium kiri, 4 vena pulmonalis
- Inferior : ventrikel kanan yang terletak hampir horizontal sepanjang diafragma sampai apeks jantung
- Superior : apeks atrium kiri

Darah dipompakan melalui semua ruang jantung dengan bantuan keempat katup yang mencegah agar darah tidak kembali ke belakang dan menjaga agar darah tersebut mengalir ke tempat yang dituju. Keempat katup ini adalah katup trikuspid yang terletak di antara atrium kanan dan ventrikel kanan, katup pulmonal, terletak di antara ventrikel kanan dan arteri pulmonal, katup mitral yang terletak di antara atrium kiri dan ventrikel kiri dan katup aorta, terletak di antara ventrikel kiri dan aorta. Katup mitral memiliki 2 daun (*leaflet*), yaitu *leaflet* anterior dan posterior.

Jantung dipersarafi aferen dan eferen yang keduanya sistem saraf simpatis dan parasimpatis. Saraf parasimpatis berasal dari saraf vagus melalui prekus jantung. Serabut post ganglion pendek melewati nodus SA dan AV, serta hanya sedikit menyebar pada ventrikel. Saraf simpatis berasal dari trunkus toraksik dan servikal atas, mensuplai kedua atrium dan ventrikel. Walaupun jantung tidak

mempunyai persarafan somatik, stimulasi aferen vagal dapat mencapai tingkat kesadaran dan dipersepsi sebagai nyeri.⁹

Suplai darah jantung berasal dari arteri koronaria. Arteri koroner kanan berasal dari sinus aorta anterior, melewati diantara trunkus pulmonalis dan apendiks atrium kanan, turun ke lekukan A-V kanan sampai mencapai lekukan interventrikuler posterior. Pada 85% pasien arteri berlanjut sebagai arteri posterior desenden/ *posterior descendens artery* (PDA) disebut dominan kanan. Arteri koroner kiri berasal dari sinus aorta posterior kiri dan terbagi menjadi arteri anterior desenden kiri/ *left anterior descenden* (LAD) interventrikuler dan sirkumfleks.

2.1.2 Fisiologi Jantung

Jantung dapat dianggap sebagai 2 bagian pompa yang terpisah terkait fungsinya sebagai pompa darah. Masing-masing terdiri dari satu atrium-ventrikel kiri dan kanan. Berdasarkan sirkulasi dari kedua bagian pompa jantung tersebut, pompa kanan berfungsi untuk sirkulasi paru sedangkan bagian pompa jantung yang kiri berperan dalam sirkulasi sistemik untuk seluruh tubuh. Kedua jenis sirkulasi yang dilakukan oleh jantung ini adalah suatu proses yang berkesinambungan.

Ada 5 pembuluh darah mayor yang mengalirkan darah dari dan ke jantung. Vena cava inferior dan vena cava superior mengumpulkan darah dari sirkulasi vena (disebut darah biru) dan mengalirkan darah biru tersebut ke jantung sebelah kanan. Darah masuk ke atrium kanan, dan melalui katup trikuspid menuju ventrikel kanan, kemudian ke paru-paru melalui katup pulmonal.

Darah yang biru tersebut melepaskan karbondioksida, mengalami oksigenasi di paru-paru, selanjutnya darah ini menjadi berwarna merah. Darah merah ini kemudian menuju atrium kiri melalui keempat vena pulmonalis. Dari atrium kiri, darah mengalir ke ventrikel kiri melalui katup mitral dan selanjutnya dipompakan ke aorta.

Tekanan arteri yang dihasilkan dari kontraksi ventrikel kiri, dinamakan tekanan darah sistolik. Setelah ventrikel kiri berkontraksi maksimal, ventrikel ini mulai mengalami relaksasi dan darah dari atrium kiri akan mengalir ke ventrikel ini. Tekanan dalam arteri akan segera turun saat ventrikel terisi darah. Tekanan ini selanjutnya dinamakan tekanan darah diastolik. Kedua atrium berkontraksi secara bersamaan, begitu pula dengan kedua ventrikel.

2.1.3 Sirkulasi Darah

Sirkulasi darah fetal pada janin dan sirkulasi darah pada anak dan dewasa berbeda. Untuk memahami implikasi anestesi pada penyakit jantung, seorang ahli anestesi harus mengenal sirkulasi fetal dan sirkulasi dewasa. Perubahan sirkulasi terjadi sangat cepat pada saat kelahiran. Periode ini dinamakan periode transisi di mana sirkulasi fetal akan berubah menjadi sirkulasi manusia normal atau dewasa.

Sirkulasi darah janin dalam rahim tidak sama dengan sirkulasi darah pada bayi dan anak. Dalam rahim, paru-paru tidak berfungsi sebagai alat pernafasan, pertukaran gas dilakukan oleh plasenta. Pembentukan pembuluh darah dan sel darah dimulai minggu ke-3 dan bertujuan menyuplai embrio dengan oksigen dan nutrien dari ibu.

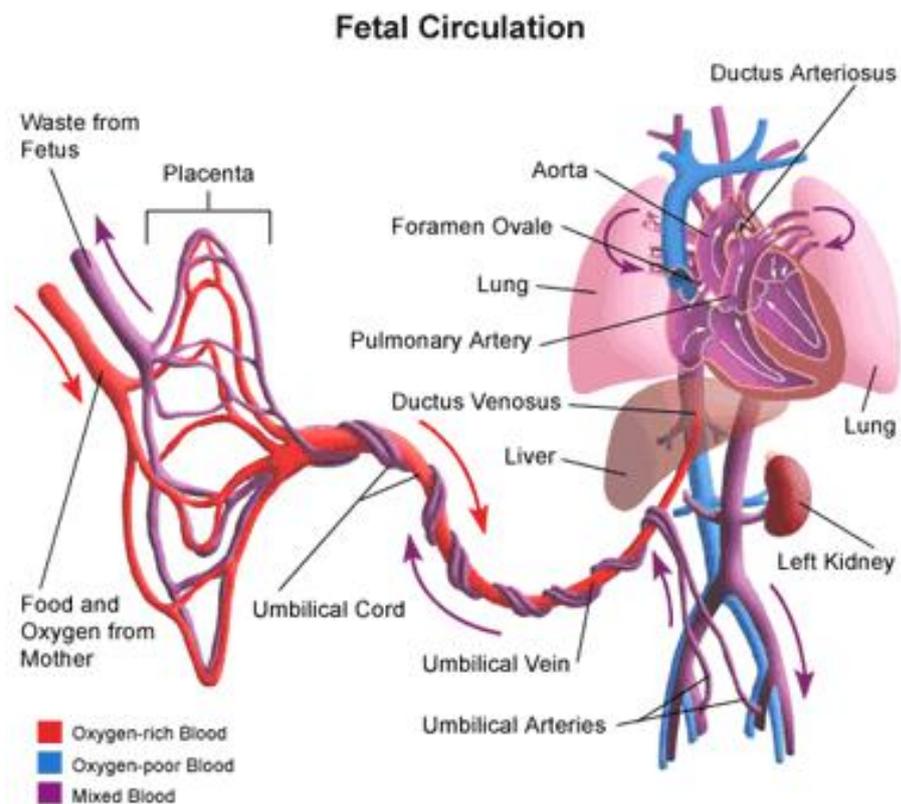
Darah mengalir dari plasenta ke janin melalui vena umbilikal yang terdapat dalam tali pusat. Jumlah darah yang mengalir melalui tali pusat sekitar 125 ml/kg/BB per menit atau sekitar 500 ml per menit. Melalui vena umbilikal dan duktus venosus, darah mengalir ke dalam vena cava inferior, bercampur darah yang kembali dari bagian bawah tubuh, masuk atrium kanan di mana aliran darah dari vena cava inferior lewat melalui foramen ovale ke atrium kiri, kemudian ke ventrikel kiri melalui arkus aorta, darah dialirkan ke seluruh tubuh.

Darah yang mengandung karbondioksida dari tubuh bagian atas, memasuki ventrikel kanan melalui vena cava superior. Kemudian melalui arteri pulmonalis besar meninggalkan ventrikel kanan menuju aorta melewati duktus arteriosus. Darah ini kembali ke plasenta melalui aorta, arteri iliaka interna dan arteri umbilikal untuk mengadakan pertukaran gas selanjutnya. Foramen ovale dan duktus arteriosus berfungsi sebagai saluran/ jalan pintas yang memungkinkan sebagian besar dari cardiac output yang sudah terkombinasi kembali ke plasenta tanpa melalui paru-paru.

Bayi segera menghisap udara dan menangis kuat tepat setelah dilahirkan. Dengan demikian paru-parunya akan berkembang, tekanan dalam paru-paru mengecil dan seolah-olah darah terhisap ke dalam paru-paru (tahanan vaskular paru

menurun dan aliran darah pulmonal meningkat). Duktus arteriosus menutup dan tidak berfungsi lagi, demikian pula karena tekanan dalam atrium sinistra meningkat maka foramen ovale akan tertutup sehingga selanjutnya tidak berfungsi lagi. Tahanan vaskular sistemik juga meningkat. Akibat dipotong dan diikatnya tali pusat, arteri umbilikalis dan duktus venosus akan mengalami obliterasi. Dengan demikian setelah bayi lahir maka kebutuhan oksigen dipenuhi oleh udara yang dihisap ke paru-paru dan kebutuhan nutrisi dipenuhi oleh makanan yang dicerna

dengan sistem pencernaan sendiri.



Gambar 2. Sirkulasi fetal.

Jumlah darah yang mengalir dalam sistem sirkulasi pada orang dewasa mencapai 5-6 liter (4.7-5.7 liter). Darah bersirkulasi dalam sistem sirkulasi sistemik dan pulmonal.

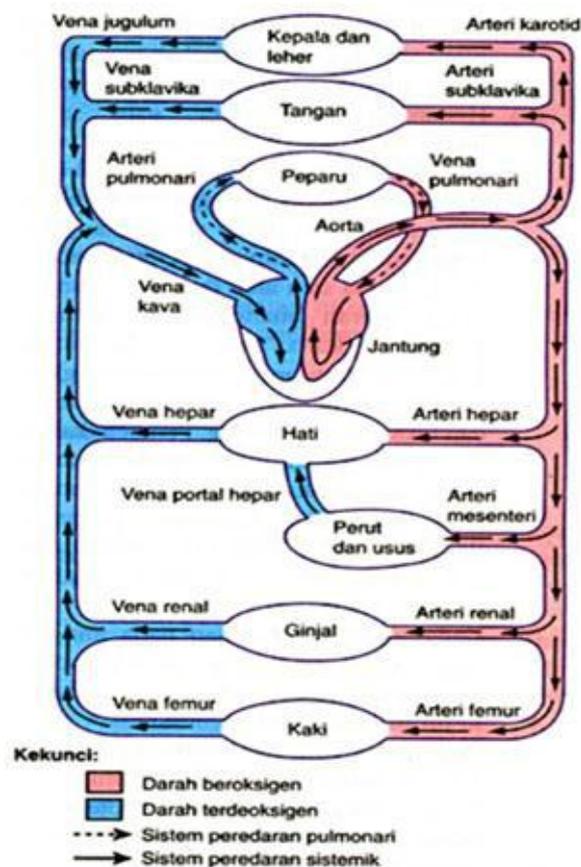
a. Sirkulasi sistemik

Sistem sirkulasi sistemik dimulai ketika darah yang mengandung banyak oksigen yang berasal dari paru, dipompa keluar oleh jantung melalui ventrikel kiri ke aorta, selanjutnya ke seluruh tubuh melalui arteri-arteri hingga mencapai pembuluh darah yang diameternya paling kecil (kapiler) .¹⁰

Kapiler melakukan gerakan kontraksi dan relaksasi secara bergantian, yang disebut dengan *vasomotion* sehingga darah mengalir secara *intermittent*. Dengan aliran yang demikian, terjadi pertukaran zat melalui dinding kapiler yang hanya terdiri dari selapis sel endotel. Ujung kapiler yang membawa darah teroksigenasi disebut arteriole sedangkan ujung kapiler yang membawa darah terdeoksigenasi disebut venule; terdapat hubungan antara arteriole dan venule “*capillary bed*” yang berbentuk seperti anyaman, ada juga hubungan langsung dari arteriole ke venule melalui arteri-vena anastomosis (A-V anastomosis). Darah dari arteriole mengalir ke venule, kemudian sampai ke vena besar (v.cava superior dan v.cava inferior) dan kembali ke jantung kanan (atrium kanan). Darah dari atrium kanan selanjutnya memasuki ventrikel kanan melalui katup trikuspidalis.

b. Sirkulasi pulmonal

Sistem sirkulasi pulmonal dimulai ketika darah yang terdeoksigenasi yang berasal dari seluruh tubuh, yang dialirkan melalui vena cava superior dan vena cava inferior kemudian ke atrium kanan dan selanjutnya ke ventrikel kanan, meninggalkan jantung kanan melalui arteri pulmonalis menuju paru-paru (kanan dan kiri). Di dalam paru, darah mengalir ke kapiler paru dimana terjadi pertukaran zat dan cairan, sehingga menghasilkan darah yang teroksigenasi. Oksigen diambil dari udara pernapasan. Darah yang teroksigenasi ini kemudian dialirkan melalui vena pulmonalis (kanan dan kiri), menuju ke atrium kiri dan selanjutnya memasuki ventrikel kiri melalui katup mitral (bikuspidalis). Darah dari ventrikel kiri kemudian masuk ke aorta untuk dialirkan ke seluruh tubuh (dan dimulai lagi sirkulasi sistemik) ^{1,10}



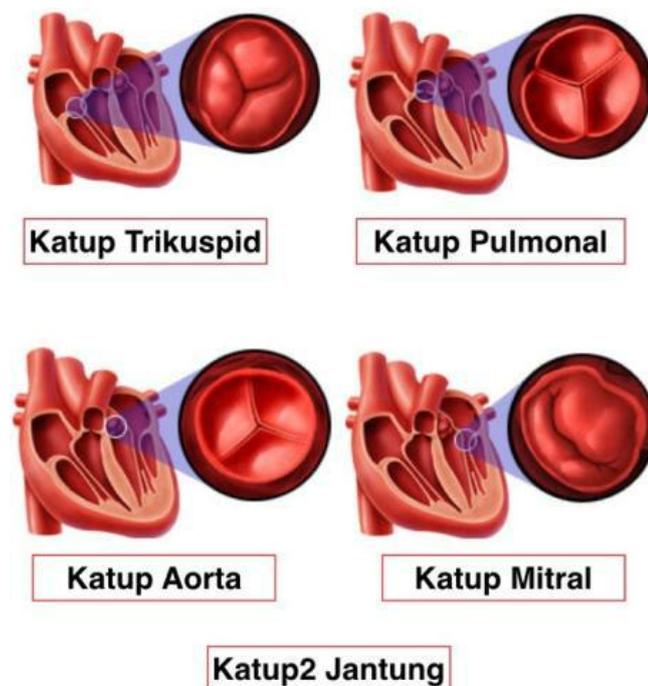
Gambar 3. Sirkulasi paru dan sistemik).¹⁰

Jadi, secara ringkas, aliran darah dalam sistem sirkulasi normal manusia adalah :

Darah dari atrium kiri → melalui katup mitral ke ventrikel kiri → aorta ascendens – arcus aorta – aorta descendens – arteri sedang – arteriole → *capillary bed* → venule – vena sedang – vena besar (v.cava superior dan v.cava inferior) → atrium kanan → melalui katup trikuspid ke ventrikel kanan → arteri pulmonalis → paru-paru → vena pulmonalis → atrium kiri.

2.2 Katup Jantung

2.2.1 Anatomi Katup Jantung



Gambar 4. Katup jantung.

1) Katup Trikuspid

Katup trikuspid berada diantara atrium kanan dan ventrikel kanan. Bila katup ini terbuka, maka darah akan mengalir dari atrium kanan menuju ventrikel kanan. Katup trikuspid berfungsi mencegah kembalinya aliran darah menuju atrium kanan dengan cara menutup pada saat kontraksi ventrikel. Sesuai dengan namanya, katup trikuspid terdiri dari 3 daun katup.

2) Katup Pulmonal

Darah akan mengalir dari dalam ventrikel kanan melalui trunkus pulmonalis sesaat setelah katup trikuspid tertutup. Trunkus pulmonalis bercabang menjadi arteri pulmonalis kanan dan kiri yang akan berhubungan dengan jaringan paru kanan dan kiri. Pada pangkal trunkus pulmonalis terdapat katup pulmonalis yang terdiri dari 3 daun katup yang terbuka bila ventrikel kanan berkontraksi dan menutup bila ventrikel kanan relaksasi, sehingga memungkinkan darah mengalir dari ventrikel kanan menuju arteri pulmonalis.

3) Katup Bikuspid

Katup bikuspid atau katup mitral mengatur aliran darah dari atrium kiri menuju ventrikel kiri. Seperti katup trikuspid, katup bikuspid menutup pada saat kontraksi ventrikel. Katup bikuspid terdiri dari dua daun katup.

4) Katup Aorta

Katup aorta terdiri dari 3 daun katup yang terdapat pada pangkal aorta. Katup ini akan membuka pada saat ventrikel kiri berkontraksi sehingga darah akan mengalir keseluruh tubuh. Sebaliknya katup akan menutup pada saat ventrikel kiri relaksasi, sehingga mencegah darah masuk kembali kedalam ventrikel kiri.

Pembuluh darah yang terdiri dari arteri, arteriole, kapiler dan vena serta vena merupakan pipa darah dimana didalamnya terdapat sel-sel darah dan cairan plasma yang mengalir keseluruh tubuh. Pembuluh darah berfungsi mengalirkan darah dari jantung ke jaringan serta organ2 diseluruh tubuh dan sebaliknya. Arteri, arteriole dan kapiler mengalirkan darah dari jantung keseluruh tubuh, sebaliknya vena dan vena mengalirkan darah kembali ke jantung.¹¹

Penyakit Katup Jantung

Penyakit Akuisita Katup Aorta

a. Stenosis Aorta

Stenosis aorta dapat terjadi pada 3 level : valvular, subvalvular dan supra-valvular. Gejala yang khas dan mudah ditemukan adalah murmur sistolik di ICS2.

Tabel 2. Stenosis aorta

Supravalvular	Paling sering ditemukan pada pasien dengan kelainan kongenital seperti sindrom William
Valvular	Penyebab paling sering <ol style="list-style-type: none">1. Kalsifikasi dan fibrosis pada normal <i>trileaflet aortic valve</i> (AV)
	<ol style="list-style-type: none">2. Kalsifikasi dan fibrosis katup bikuspid kongenital (2%)3. Rheumatik valve (RV) disease
Subvalvular	Disebabkan karena adanya obstruksi diproximal AV, etiologi paling sering adalah adanya membran subaortik, hipertropik kardiomiopati, obstruksi kanal subaortik.

Stenosis aorta paling sering disebabkan oleh 2 hal yaitu stenosis aorta reumatik dan stenosis aorta berkalsifikasi. Pada stenosis aorta reumatik terjadi keterlibatan endokardium dalam penyakit radang demam reumatik karena infeksi faring oleh Streptokokus grup A yang dapat menyebabkan pembengkakan, udem dan deformitas katup. Sedangkan pada stenosis aorta berkalsifikasi, terutama pada katup bikuspid, bisa bersifat kongenital atau karena penyakit reumatik sebelumnya. Pasien dengan stenosis aorta bisa asimptomatik atau menunjukkan salah satu dari tiga Triad of Symptoms berikut: angina, sinkope atau dispnea.

Tabel 3. Derajat keparahan stenosis aorta

Luas Area Katup Aorta	LV-Aortic Pressure Gradient
<ul style="list-style-type: none">• Normal : 2,6-3,5 cm²• Ringan > 1,5 cm²• Sedang 1,0-1,5 cm²• Berat <0,5 cm²	<ul style="list-style-type: none">• Ringan 12-25 mmHg• Sedang 25-40 mmHg• Signifikan 40-5- mmHg• Kritikal >50 mmHg

Anestesi berbasis narkotik menjadi teknik terpilih karena menyebabkan perubahan hemodinamik yang minimal. Hipotensi yang mungkin terjadi pada saat induksi anestesi harus diantisipasi dengan kecukupan volume sebelum induksi, resusitasi cairan dan vasokonstriktor untuk menjaga preload dan afterload. Tekanan darah dan tahanan pembuluh darah sistemik harus dipertahankan dalam rentang normal untuk menjamin pengisian koroner selama fase diastolik. Meskipun sedikit peningkatan tekanan pengisian diperlukan untuk mempertahankan curah jantung, infus cairan intravena yang berlebihan harus dihindarkan karena merupakan faktor predisposisi peningkatan tekanan akhir diastolik ventrikel kiri dan konsekuensinya akan menyebabkan penurunan perfusi subendokardium.¹³

b. Regurgitasi aorta

Regugitasi Katup Aorta (Inkompetensia Aorta, Insuffisiensi Aorta, Aortic Regurgitation) adalah kebocoran pada katup aorta yang terjadi setiap kali ventrikel mengalami relaksasi. Regurgitasi aorta dapat disebabkan oleh kelainan primer daun katup aorta atau kelainan geometri pangkal aorta.

Riwayat klinis pada pasien dengan regurgitasi aorta kronis dapat membuat keliru seorang anesthesiolog dalam mengambil keputusan. Disfungsi miokardium yang signifikan dapat terjadi walaupun tidak ada gejala. Sebaliknya, regurgitasi aorta akut berat yang tiba-tiba dapat menimbulkan tanda-tanda gagal jantung akut akibat kelebihan beban diastolik pada ventrikel kiri yang akut.¹⁴

Anestesi berbasis opioid menjaga kestabilan hemodinamik. Penggunaan dosis rendah anestesi inhalasi menjaga fungsi LV dan RV. Hindari penggunaan N₂O karena dapat menyebabkan hipertensi pulmonal. Pilihan pelumpuh otot terutama pada obat yang paling sedikit mengganggu hemodinamik terutama mengakibatkan perubahan pada denyut jantung, vecuronium dan rocuronium dapat menjadi pilihan.¹⁵

Penyakit Akuisita Katup Mitral

1) Stenosis mitral

Stenosis Mitral atau *Mitral Stenosis* adalah suatu penyempitan katup jantung kiri dimana katup tidak membuka dengan tepat yang menyebabkan hambatan aliran darah antara atrium dan ventrikel jantung kiri sehingga darah tidak dapat dengan efisien melewati jantung. Kondisi ini menyebabkan seseorang menjadi lemah dan nafas menjadi pendek serta munculnya gejala lainnya.

Kelainan katup dapat bersifat kongenital, namun umumnya disebabkan demam rheumatik. Penebalan daun katup dan fusi komisural sebagai akibat sekunder dari proses inflamasi. Stenosis mitral sering ditemukan bersama kelainan katup lain seperti regurgitasi mitral dan trikuspid.

Gejala stenosis mitral yang sering ditemukan adalah dispnea, berubangan dengan hipertensi pulmonal dan gagal ventrikel kanan. Gangguan irama berupa fibrilasi atrial dan riwayat emboli perifer juga kerap dikeluhkan. Dari hasil pemeriksaan biasa dijumpai adanya penebalan daun katup, *doming* dan menyempitnya bukaan katup.

Anestesia berbasis narkotik menjadi teknik terpilih. Dosis rendah anestesi inhalasi mampu mempertahankan fungsi IV dan RV. Pilihan jenis pelumpuh otot lebih kepada yang paling sedikit mengganggu irama dan denyut jantung. Vecuronium dan rocuronium dapat menjadi pilihan.

2) Regurgitasi mitral

Regurgitasi mitral terjadi karena adanya kelainan dari komponen katup Mitral terutama korda tendinea. Kelainan ini bisa disebabkan oleh valvulitis reumatik, kalsifikasi idiopatik annulus mitral, sindroma prolapsis mitral dan penyakit muskulus papillaris ventrikel. Walaupun ventrikel kiri dapat beradaptasi terhadap peningkatan beban volume yang ditimbulkan oleh regurgitasi mitral, namun makin lama fungsi ventrikel kiri akan memburuk, volume akhir diastolik ventrikel akan meningkat progresif dan kardiomegali karena hipertrofi ekstrinsik ventrikel kiri akan menyertai.

Seperti halnya regurgitasi aorta, regurgitasi mitral kronik dapat bersifat asimtomatik untuk jangka waktu yang lama. Keluhan utama adalah dispnea saat aktifitas atau istirahat pada fase lanjut, mudah lelah. Ukuran regurgitan tergantung dari ukuran lubang pada katup mitral dan gradien tekanan yang melaluinya.

Teknik anestesi terpilih adalah yang berbasis narkotik. Kombinasi dosis rendah anestesi inhalasi, menghindari N₂O dan pemilihan pelumpuh otot yang

tidak mengganggu denyut nadi menjadi pilihan (vecuronium dan rocuronium). Pada pasien berat, pemasangan *intra aortic ballon pump* (IABP) dapat membantu menurunkan afterload, memperbaiki kontraksi dan meningkatkan CO. *Transesophageal Echocardiogram* (TEE) sangat berguna sebagai panduan durante operatif untuk evaluasi katup setelah dilakukan penggantian/ perbaikan katup, identifikasi dini komplikasi bedah serta tatalaksana hemodinamik.

Penyakit Akuisita Katup Trikuspid

Kelainan katup trikuspid lebih jarang ditemukan dibandingkan katup aorta atau mitral. Regurgitasi trikuspid biasanya akibat dilatasi jantung kanan akibat hipertensi pulmonal dan katup mitral atau, lebih jarang lagi, penyakit katup aorta. Penyebab lain regurgitasi trikuspid termasuk endokarditis dan kelainan kongenital. Secara umum, penyebab penyakit katup mitral atau aorta dan beratnya hipertensi pulmonal menentukan penanganan anestetik, dibandingkan dengan penyakit katup trikuspid itu sendiri, yang biasanya bersifat asimtomatik.

Regurgitasi trikuspid biasanya merupakan akibat sekunder dari kerusakan katup lain, optimalisasi kontraksi jantung kiri merupakan target tatalaksana pada kelainan ini. Hipertensi pulmonal dan peningkatan tekanan pembuluh darah paru harus dihindari.

Selain monitoring standar, pemasangan kateter arteri pulmonal akan sangat berguna pada pasien ini, terutama pada pasien dengan hipertensi pulmonal. TEE direkomendasikan untuk penilaian kecukupan volume dan tatalaksana Hemodinamik.

