

**PENGARUH RESUSITASI CAIRAN TERHADAP
KELINCI (*Oryctolagus Cuniculus*) YANG MENGALAMI
SYOK HEMORAGIK DARI ASPEK HEMODINAMIKA
MELALUI GAMBARAN EKO KARDIOGRAFI**

**EFFECT OF FLUID RESUSCITATION ON RABBITS
(*Oryctolagus cuniculus*) EXPERIENCING
HEMORRHAGIC SHOCK FROM THE ASPECT OF
HEMODYNAMICS THROUGH ECHOCARDIOGRAPHIC
IMAGES**

ANNISA FADILAH AMALIAH

C031 20 1074



PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



**PENGARUH RESUSITASI CAIRAN TERHADAP
KELINCI (*Oryctolagus cuniculus*) YANG MENGALAMI
SYOK HEMORAGIK DARI ASPEK HEMODINAMIKA
MELALUI GAMBARAN EKO KARDIOGRAFI**

**EFFECT OF FLUID RESUSCITATION ON RABBITS
(*Oryctolagus cuniculus*) EXPERIENCING
HEMORRHAGIC SHOCK FROM THE ASPECT OF
HEMODYNAMICS THROUGH ECHOCARDIOGRAPHIC
IMAGES**

ANNISA FADILAH AMALIAH

C031 20 1074



PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



PENGARUH RESUSITASI CAIRAN TERHADAP KELINCI (*Oryctolagus cuniculus*) YANG MENGALAMI SYOK HEMORAGIK DARI ASPEK HEMODINAMIKA MELALUI GAMBARAN EKO KARDIOGRAFI

EFFECT OF FLUID RESUSCITATION ON RABBITS (*Oryctolagus cuniculus*) EXPERIENCING HEMORRHAGIC SHOCK FROM THE ASPECT OF HEMODYNAMICS THROUGH ECHOCARDIOGRAPHIC IMAGES

SKRIPSI

untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

ANNISA FADILAH AMALIAH

C031 20 1074

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



SKRIPSI

**PENGARUH RESUSITASI CAIRAN TERHADAP KELINCI (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*)
YANG MENGALAMI SYOK HEMORAGIK DARI ASPEK HEMODINAMIKA MELALUI
GAMBARAN EKO KARDIOGRAFI**

ANNISA FADILAH AMALIAH

C031 20 1074

Skripsi,

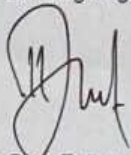
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 06 Juni 2024 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

Mengesahkan :

Pembimbing Tugas Akhir



Drh. Dian Fatmawati, M.Biomed

NIP. 19921203 202205 6 001

Mengetahui :

Ketua Program Studi,



Dr. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet

NIP. 19730216 199903 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Pengaruh resusitasi cairan terhadap kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik dari aspek hemodinamika melalui gambaran ekokardiografi" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Drh. Dian Fatmawati, M.Biomed sebagai Pembimbing Utama dan Drh. Wa Ode Santa Monica, M.Si sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 06 Juni 2024



ANNISA FADILAH AMALIAH

C031 20 1074



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, tiada kata yang lebih patut diucapkan oleh seorang hamba yang beriman selain ucapan puji syukur kehadiran Allah swt, Tuhan Yang Maha Mengetahui, pemilik segala ilmu, karena atas petunjuk-Nya maka skripsi yang berjudul **“Pengaruh Resusitasi Cairan Terhadap Kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang Mengalami Syok Hemoragik dari Aspek Hemodinamika Melalui Gambaran Ekokardiografi”** dapat diselesaikan.

Dengan segala bakti penulis memberikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua yang sangat dicintai dan disayangi oleh penulis, ayahanda **Rudihartono, S.Pd, M.M** dan ibunda **Alm. Asni, S.Pd** yang tidak mengenal lelah dalam memberikan kasih sayang, selalu berusaha untuk membahagiakan penulis, tidak pernah lelah mendengarkan keluhan penulis, dan doa yang tidak pernah putus. Terima kasih telah memenuhi segala kebutuhan, menjadi tempat untuk pulang, dan memberikan kepercayaan penuh kepada penulis.

Untuk kakak dan adik perempuan penullis **dr. Diasrini Wulan B. Shinta dan Nurani Finanti Mirela**, terima kasih telah memberikan contoh yang baik bagi penulis dan selalu memberi dukungan agar skripsi ini terselesaikan. Terima kasih telah memberikan motivasi serta menemani proses pendewasaan penulis.



ungguh banyak kendala yang penulis hadapi dalam rangkaian skripsi ini, namun berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak,

akhirnya penulis dapat melewati kendala-kendala tersebut. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menghaturkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Rektor Universitas Hasanuddin,
2. **Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M. Kes, SpPD-KGH, SpGK, FINASIM** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin,
3. **Dr. drh. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet** selaku Ketua Program Studi Kedokteran Hewan Universitas Hasanuddin dan selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya memberikan saran yang bermanfaat untuk perbaikan skripsi penulis.
4. **drh. Dian Fatmawati, M.Biomed dan drh. Wa Ode Santa Monica, M.Si** selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran meluangkan waktunya, memberikan ilmu, saran, dan arahan untuk kebaikan skripsi penulis.
5. **drh. M. Zulfadillah Sinusi, M.Sc dan drh. Musdalifah, M.Biomed** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya memberikan saran yang bermanfaat untuk perbaikan skripsi penulis.
6. Dosen pengajar yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama menempuh pendidikan di Kedokteran Hewan Universitas Hasanuddin.



7. Panitia seminar proposal, seminar hasil, dan seminar tutup skripsi penulis yang telah membantu mengatur dengan baik jalannya proses seminar.
8. Staf tata usaha Fakultas **Ibu Tuti** dan staf tata usaha Program Studi Kedokteran Hewan **Pak Heri, Ibu Ida, dan Ibu Ayu** yang selalu membantu penulis melengkapi berkas.
9. Sahabat **Soon To Be drh** yang senantiasa mendengar dan menjadi wadah penulis untuk berkeluh kesah.
10. Sahabat **Aksel, Scimate, dan Susang** yang senantiasa menemani dan memberikan semangat kepada penulis.
11. Teman-teman seperjuangan **CIONE** yang menjadi keluarga baru penulis dan telah memberikan banyak pengalaman serta canda dan tawa selama perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang turut menyumbangkan pikiran dan tenaga untuk penulis.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran agar penulisan karya tulis berikutnya dapat lebih baik. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Aamiin

Makassar, 07 Mei 2024



Annisa Fadilah Amaliah



ABSTRAK

ANNISA FADILAH AMALIAH. Pengaruh Resusitasi Cairan Terhadap Kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang Mengalami Syok Hemoragik dari Aspek Hemodinamika Melalui Gambaran Ekokardiografi (dibimbing oleh Dian Fatmawati dan Wa Ode Santa Monica).

Syok hemoragik adalah suatu keadaan patologis dimana volume intravaskular dan hantaran oksigen terganggu sehingga mempengaruhi proses fisiologis dan keadaan jantung dari tubuh. Darah yang hilang akibat perdarahan akan mempengaruhi fungsi jantung dan menyebabkan berbagai perubahan hemodinamika jantung. Mengamati perubahan hemodinamika jantung dapat dilakukan melalui pengukuran ekokardiografi. Berdasarkan hal tersebut, salah satu penanganan yang dapat diberikan yaitu dengan resusitasi cairan. Penelitian ini menggunakan desain eksperimental pada 12 kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik yang diberikan resusitasi cairan. Kelinci dibagi secara acak menjadi empat kelompok: kelompok kontrol negatif, kelompok kontrol positif, kelompok ringer laktat dan kelompok kombinasi ringer laktat dan gelatin. Kelompok kontrol negatif tidak diberi perlakuan, kelompok kontrol positif mengalami syok hemoragik namun tidak diberi resusitasi cairan, kelompok ringer laktat mengalami syok hemoragik dan menerima resusitasi cairan ringer laktat, sementara kelompok kombinasi ringer laktat dan gelatin mengalami syok hemoragik dan diberi resusitasi cairan menggunakan ringer laktat+gelatin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelinci yang mengalami syok hemoragik menunjukkan penurunan nilai LVIDd, LVIDs, EDV, ESV, SV, CO, EF, dan FS serta peningkatan pada nilai IVSd, IVSs, LVPWd, dan LVPWs. Namun setelah pemberian resusitasi cairan ringer laktat maupun ringer laktat kombinasi gelatin, terjadi perbaikan pada nilai parameter ekokardiografi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa resusitasi cairan berhasil dalam menggantikan volume darah yang hilang dan memperbaiki kondisi fisiologis dari pasien akibat syok hemoragik. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pemberian resusitasi cairan kombinasi ringer laktat dan gelatin pada kelinci yang mengalami syok hemoragik lebih efektif dibandingkan resusitasi ringer laktat saja.

Kata kunci: Kelinci, gelatin, resusitasi cairan, ringer laktat, dan syok hemoragik.



ABSTRACT

ANNISA FADILAH AMALIAH. *Effect of Fluid Resuscitation on Rabbits (Oryctolagus cuniculus) Experiencing Hemorrhagic Shock From The Aspect of Hemodynamics Through Echocardiographic Images (Supervised by Dian Fatmawati and Wa Ode Santa Monica).*

A hemorrhagic shock is a pathological condition in which the intravascular volume and oxygen supply is disrupted, thereby affecting the physiological processes and heart condition of the body. Blood loss from bleeding will affect heart function and cause various changes in the hemodynamics of the heart. Observing changes in heart hemodynamics can be done through echocardiographic measurements. Based on that, one of the treatments that can be given is fluid resuscitation. The study used an experimental design on 12 rabbits (Oryctolagus cuniculus) who experienced hemorrhagic shock and were given fluid resuscitation. The rabbits were randomly divided into four groups: the negative control group, the positive control groups, the lactate ringer group, and the combination of the lactic and gelatin ringer. The negative control groups were not treated, the positively controlled group had a hemorrhagic shock but did not receive fluid resuscitation, the laktat ringer groups had a bleeding shock and received a lactic fluid ringer resuscitation, while the group of the lactate and gelatine ringer combination had a haemorrhage shock, and were resuscitated with a laktate+gelatin fluid ring. The results of the study showed that rabbits with hemorrhagic shock showed decreased values of LVIDd, LVIDs, EDV, ESV, SV, CO, EF, and FS as well as an increase in IVSd, IVSs, LVPWd, and LVPWS. However, after the resuscitation of the lactate ringer fluid or the gelatin ringer combination, there was an improvement in the value of the echocardiographic parameters. This suggests that fluid resuscitation succeeds in replacing the lost blood volume and improving the physiological condition of the patient as a result of hemorrhagic shock. The conclusion of this study is that the administration of liquid resuscitation of a combination of lactate ringer and gelatin in rabbits who have suffered hemorrhagic shock is more effective than the revitalization of the laktat ringer alone.

Keywords: *Fluid resuscitation, gelatin, hemorrhagic shock, rabbit, and ringer lactate.*



DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	VI
ABSTRAK.....	IX
ABSTRACT.....	X
DAFTAR ISI	XI
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XV
DAFTAR LAMPIRAN	XVII
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	4
I.4.1 Manfaat Pengembangan Ilmu	4
I.4.2 Manfaat Aplikasi	4
I.5 Hipotesis	4
I.6 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Kelinci	7
II.1.1 Anatomi Jantung Kelinci.....	7
Fisiologi Jantung Kelinci.....	8
Syok Hemoragik.....	8



II.3	Stadium Syok Hemoragik	11
II.4	Distribusi Cairan dan Elektrolit	12
II.5	Resusitasi Cairan	14
II.6	Jenis Cairan	17
II.6.1	Ringer Laktat.....	17
II.6.2	Gelatin	18
II.7	Ekokardiografi	19
II.7.1	Pengertian Ekokardiografi.	19
II.7.1	Pengukuran dan Perhitungan Ekokardiografi.	21
II.7.1	Pengaruh Anestesi pada Gambaran Ekokardiografi.	23
II.7.1	Pengaruh Syok Hemoragik pada Gambaran Ekokardiografi.	24
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....		25
III.1	Waktu dan Tempat Penelitian	25
III.2	Jenis Penelitian	25
III.3	Materi Penelitian	25
III.3.1	Populasi Penelitian.....	25
III.3.2	Teknik Sampel	25
III.3.3	Alat.....	25
III.3.4	Bahan	25
III.4	Prosedur Penelitian.....	28
III.4.1	Alur Penelitian.....	29
	Waktu Pelaksanaan	30
	Pemeliharaan Kelinci	30



III.4.4	Persiapan Alat dan Bahan.....	31
III.4.5	Perhitungan Kebutuhan Resusitasi Cairan	32
III.4.6	Perlakuan pada Kelinci.....	33
III.4.7	Perhitungan dan Pengukuran Hasil Ekokardiografi	33
III.4.8	Eutanasia	34
III.5	Analisis Data	33
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
IV.1	IVSd, IVSs, LVIDd, LVIDs, LVPWd, dan LVPWs.....	36
IV.2	HR, EDV, ESV, SV, CO, dan FS	45
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
V.1	Kesimpulan	55
V.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN.....		65
RIWAYAT HIDUP PENULIS		124



DAFTAR TABEL

1. Keaslian penelitian	4
2. Stadium syok hemoragik	11
3. Perkiraan presentase dehidrasi	16
4. Turunan perhitungan ekokardiografi	22
5. Gambaran hasil pengukuran ekokardiografi	39
6. Nilai rata-rata hasil pengukuran IVSd, IVSs, LVIDd, LVIDs, LVPWd, dan LVPWs	40
7. Nilai rata-rata hasil perhitungan HR, EDV, ESV, SV, CO, EF, dan FS	48



DAFTAR GAMBAR

1. Distribusi cairan dan elektrolit	12
2. Alur penelitian	29
3. Waktu pelaksanaan	30
4. Diagram nilai rata-rata hasil pengukuran IVSd, IVSs, LVIDd, LVIDs, LVPWd, dan LVPWs	36
5. Diagram nilai rata-rata hasil perhitungan HR, EDV, ESV, SV, CO, EF, dan FS	45



DAFTAR LAMPIRAN

1. Data penelitian dan hasil analisis data	65
2. Gambar hasil pengukuran ekokardiografi	119
3. Dokumentasi kegiatan penelitian	122



BAB I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kelinci sering digunakan sebagai hewan model untuk penelitian dan uji coba produk obat karena ukurannya yang ideal dan mudah dalam penanganannya. Selain karena kedekatan fungsi fisiologisnya dengan manusia, terutama pada tulang yang densitasnya sama, kelinci seringkali dipilih sebagai hewan model karena sesuai terhadap berbagai model penelitian (Quesenberry dan Carpenter, 2013). Jenis kelinci yang paling mampu beradaptasi terhadap beragam model penelitian adalah *New Zealand White* (NZW), sehingga jenis ini adalah yang paling banyak digunakan dalam penelitian. Kelinci merupakan hewan yang aktif sehingga kelinci cukup mudah mengalami trauma yang akan berakhir pada perdarahan (Meredith dan Lord, 2016).

Perdarahan merupakan penyebab kematian akibat dari trauma maupun non trauma. Trauma yang hebat dapat menyebabkan perdarahan terus menerus yang berakhir pada syok hemoragik. Syok hemoragik adalah suatu keadaan patologis dimana volume intravaskular dan hantaran oksigen terganggu sehingga mempengaruhi proses fisiologis dan keadaan jantung dari tubuh (Brekke dkk. 2019). Darah yang hilang akibat perdarahan akan mempengaruhi fungsi jantung dan menyebabkan berbagai perubahan



amika jantung berupa penurunan *stroke volume* (SV) dan *cardiac* (CO) yang artinya berkurangnya volume darah dalam sirkulasi

sehingga jumlah darah yang dipompa oleh jantung setiap kali berkontraksi dan setiap satu menit juga berkurang. Penurunan *cardiac output* (CO) secara signifikan dapat menyebabkan penurunan aliran darah ke organ-organ vital tubuh. Selain itu, di dalam tubuh juga terjadi penurunan tahanan vaskuler sistemik terutama di arteri, berkurangnya darah balik, dan penurunan pengisian ventrikel sehingga menyebabkan jantung melemah (Hardisman, 2013). Dengan hal ini, diperlukan peningkatan *preload* agar jantung memiliki lebih banyak darah untuk dipompa sehingga akan meningkatkan *stroke volume* (SV) dan *cardiac output* (CO) (Kasim dan Arif, 2021).

Preload merupakan volume darah yang kembali ke jantung selama diastol (relaksasi jantung). Hal ini ialah tahap penting dalam siklus jantung dan mempengaruhi kemampuan jantung untuk mengisi aliran darah sebelum berkontraksi. Miokardium merupakan salah satu jaringan yang membutuhkan suplai darah secara terus menerus untuk pengiriman oksigen ke seluruh tubuh. Ketika terjadi syok hemoragik maka akan terjadi penurunan suplai darah ke jantung. Selama syok hemoragik terjadi maka tekanan darah, kemampuan jantung dalam mengalirkan darah ke seluruh pembuluh darah sistemik terganggu, dan arteri koroner yang membawa darah kaya oksigen ke miokardium juga terganggu sehingga proses perfusi miokardium menjadi masalah yang potensial (McDonought dkk. 2011). Penanganan yang dapat dilakukan pada pasien syok hemoragik yaitu pemberian transfusi darah.



transfusi darah pada hewan di beberapa negara kurang mungkin untuk dilakukan karena terbatasnya bank darah yang tersedia.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan pemberian resusitasi cairan (Supandji dkk. 2015).

Terapi cairan atau resusitasi cairan bertujuan untuk memperbaiki status sirkulasi di dalam tubuh dan mengembalikan volume darah yang hilang. Pemberian resusitasi cairan dengan jumlah yang tepat dan cepat akan meningkatkan aliran darah *mikrovaskular* dan *preload* sehingga jantung memiliki lebih banyak darah untuk dipompa ke dalam sirkulasi. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan *stroke volume* (SV) dan *cardiac output* (CO) pada jantung. Jantung akan merespon pemberian cairan dengan meningkatkan denyut jantung dan kontraksi dalam upaya untuk menjaga *cardiac output* (CO) yang memadai (Finfer dan Vincent, 2013). Dengan demikian, kondisi tersebut melatarbelakangi penelitian ini untuk meneliti pengaruh resusitasi cairan terhadap kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik dari aspek hemodinamika melalui gambaran ekokardiografi.

I.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh resusitasi cairan pada kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik dari aspek hemodinamika melalui gambaran ekokardiografi ?

I.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh resusitasi cairan pada kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik dari aspek hemodinamika melalui gambaran ekokardiografi.



I.4 Manfaat Penelitian

I.4.1 Manfaat Pengembangan Ilmu

Manfaat pengembangan ilmu dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui pengaruh resusitasi cairan pada kelinci (*Oryctolagus cuniculus*) yang mengalami syok hemoragik dari aspek hemodinamika melalui gambaran ekokardiografi.

I.4.2 Manfaat Aplikasi

Manfaat aplikasi pada penelitian ini agar dapat menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya dan menjadi salah satu alternatif pada penanganan syok hemoragik dengan menggunakan resusitasi cairan ringer laktat dan gelatin.

I.5 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, dapat diambil hipotesis penelitian bahwa resusitasi cairan ringer laktat dan gelatin dapat menjadi salah satu alternatif pada penanganan syok hemoragik.

I.6 Keaslian Penelitian

Tabel 1. Penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya

No.	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Dewi dkk. (2018). Ekokardiografi Kinerja Jantung Kelinci pada Anestesi Ketamin yang Dikombinasikan dengan xylazine, Medetomidin, atau Acepromazine.	Pada penelitian ini menunjukkan pengaruh anestesi ketamin kombinasi xylazine terhadap gambaran ekokardiografi kelinci.	Pada penelitian ini yang diamati adalah gambaran ekokardiografi yang diberikan anestesi tanpa adanya syok hemoragik.



2.	Vasconcellos dkk. (2022). <i>Assessment of Left Ventricle Myocardial Deformation in A Hemorrhagic Shock Swine Model by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography</i>	Pada penelitian ini menunjukkan pengaruh syok hemoragik terhadap nilai ekokardiografi pada hewan model babi	Pada penelitian ini diamati pengaruh syok hemoragik tanpa adanya resusitasi cairan
3.	D'Annunzio dkk. (2012). <i>Diastolic Function During Hemorrhagic Shock in Rabbits.</i>	Pada penelitian ini menjelaskan mengenai dampak syok hemoragik terhadap fungsi diastolik ventrikel kiri yang dilihat dari nilai EDV dan ESV.	Pada penelitian ini yang tidak diamati berdasarkan ukuran dimensi ventrikel kirinya melainkan menggunakan metode L-name.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kelinci

Kelinci adalah salah satu hewan model yang paling umum dalam biomedis. Kelinci digunakan di semua area penelitian, mulai dari penelitian dasar hingga disiplin ilmu klinis. Ukurannya dan pembuatan anatomi dan biologinya yang lebih baik menjadikan kelinci sebagai hewan model yang lebih cocok daripada hewan pengerat lainnya di beberapa bidang (Fontanesi, 2021).

Kelinci juga digunakan sebagai hewan model dalam eksperimen untuk menjelaskan mekanisme fisiologis dan patologis dan dalam uji berbahaya dari agen pirogenik dan teratogenik beracun. Hal ini dikarenakan karakteristik metabolisme lipid pada kelinci lebih mirip dengan manusia dibandingkan dengan hewan model lain seperti mencit dan tikus. Kelinci juga telah digunakan dalam eksperimen yang melibatkan operasi bedah di bidang kardiologi, ortopedi, dan sebagainya karena ukuran tubuhnya yang lebih besar dari hewan pengerat laboratorium (Matsuda dkk. 2019)

Kelinci yang biasa digunakan adalah kelinci *New Zealand White* (*Oryctolagus cuniculus*). *Oryctolagus cuniculus* merupakan kelinci yang paling sedikit digunakan untuk kegiatan penelitian agresif dan memiliki masalah kesehatan yang lebih sedikit dibandingkan dengan ras kelinci lainnya dengan

dup pendek dan biaya pemeliharaan yang rendah (Daghash, 2017).



Dalam klasifikasi biologi, kelinci termasuk dalam ordo *Lagomorpha* yang tergolong hewan purba. Ordo ini dibedakan dalam dua *family*, yaitu *Ochotonidae* dan *Leporidae*. Family *Leporidae* termasuk hewan setengah besar dengan kuping panjang dan memiliki ekor berjambul pendek (Hermawan dkk. 2016). Secara umum, kelinci memiliki 3 fase dalam pertumbuhannya. Umur 0-40 hari dalam periode lahir sampai dengan sapih adalah fase pertama, periode sapih pada umur 40-100 hari merupakan fase kedua, periode remaja saat umur 100-140 hari adalah fase ketiga (Murti dkk. 2020).

II.1.1 Anatomi Jantung Kelinci

Anatomi jantung kelinci mirip dengan anatomi jantung manusia, meskipun ada beberapa perbedaan dalam ukuran dan struktur. Jantung kelinci unik dalam beberapa hal diantaranya katup *pericardi* terdiri dari dua, bukan tiga katup, saraf aorta tidak berhubungan dengan kemoreseptor tetapi hanya dengan baroreseptor, *arteri pulmonalis* dan cabang-cabangnya sangat berotot, serta *vena cranial* kiri yang persisten. *Vena cava* biasanya ada dan mengalir ke sinus *pericardi*. Selain itu, daun telinga kanan dan kiri *pericardi* besar dibandingkan atrium lainnya, dan *ostium sinus pericardi* cukup besar. Secara klinis, miokardium kelinci memiliki sirkulasi kolateral yang terbatas dan oleh karena itu cenderung mengalami iskemia yang dimediasi oleh vasokonstriksi koroner (Marini dkk. 2011). Rongga dada kelinci sangat kecil

gkan dengan bagian tubuhnya yang lain, dan jantungnya menempati
yak area dada dibandingkan hewan lain. *Mediastinum* dan *pricardium*



kelinci biasanya mengandung lemak, yang mirip dengan *cardiomegali* pada hewan yang mengalami obesitas (Onuma dkk. 2010).

II.1.2 Fisiologi Jantung Kelinci

Kelinci memiliki *vena cava cranial* kiri dan *vena cava cranial* kanan. Pembuluh darah ini berada di sinus koroner besar yang juga akan mengalirkan darah ke vena jantung. Atrium kanan menerima darah terdeoksigenasi dari kedua *vena cava cranial* dan *caudal*. Begitu sampai di atrium, darah terdeoksigenasi mengalir ke ventrikel kanan melalui katup *atrioventrikular* kanan atau katup trikuspid. Katup trikuspid, yang hanya terdiri dari dua katup, sering digambarkan sebagai ciri khas kelinci. Namun, ciri ini dimiliki oleh banyak spesies, termasuk anjing dan kucing. Ventrikel kanan mengeluarkan darah ke paru-paru untuk diberi oksigen. Darah yang baru teroksigenasi mengalir keluar dari paru-paru dan masuk ke atrium kiri melalui pembuluh darah. Dari atrium kiri, darah mengalir ke ventrikel kiri dan menuju ke aorta yang akan didistribusikan ke seluruh tubuh. Kelinci yang sehat dapat memiliki detak jantung antara 200 dan 300 detak per menit (Onuma dkk. 2010).

II.2 Syok Hemoragik

Syok adalah keadaan yang terjadi bila terdapat ketidakcukupan perfusi oksigen dan zat gizi ke sel-sel tubuh karena penurunan jaringan perfusi. Hal ini menyebabkan kurangnya pengiriman pasokan oksigen ke darah, organ, dan jaringan tubuh. Kegagalan perfusi menyebabkan kematian sel yang

f, gangguan fungsi organ yang pada akhirnya dapat menyebabkan

1. Syok tidak terjadi dalam waktu lebih lama dengan tanda klinis



penurunan tekanan darah, dingin, kulit pucat, penurunan *cardiac output*, namun semua tergantung dari penyebab syok itu sendiri (Bereda, 2021).

Syok dapat terjadi karena berbagai penyebab. Secara umum ada 4 komponen yaitu masalah penurunan volume plasma intravaskuler, masalah pompa jantung, masalah pada pembuluh darah (arteri, vena, *arteriol*, *venule* ataupun kapiler), serta sumbatan potensi aliran balik pada jantung, sirkulasi pulmonal dan sistemik. Penurunan hebat volume plasma intravaskuler merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya syok. Dengan terjadinya penurunan hebat volume intravaskuler (perdarahan atau dehidrasi) maka darah yang balik ke jantung (*venous return*) juga berkurang, sehingga *cardiac output* (CO) menurun. Pada akhirnya oksigen di paru-paru juga menurun dan asupan oksigen ke jaringan atau sel (perfusi) juga tidak dapat dipenuhi. Pada jantung, otot-otot melemah yang menyebabkan kontraktilitasnya tidak sempurna, sehingga tidak dapat memompa darah dengan baik dan curah jantung ikut menurun. Pada kondisi ini, meskipun volume sirkulasi cukup tetapi tidak ada tekanan yang optimal untuk memompakan darah yang dapat memenuhi kebutuhan oksigen jaringan, akibatnya perfusi juga tidak terpenuhi (Hardisman, 2013).

Syok terjadi ketika sistem kardiovaskular tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan metabolisme dan oksigen tubuh yang mengakibatkan cedera seluler. Syok hemoragik adalah subtype syok yang berhubungan langsung kehilangan darah, yang menyebabkan pengurangan pengiriman sebagai akibat dari hilangnya volume sirkulasi dan pembawa oksigen



sel darah merah. Sebagian besar kematian akibat perdarahan terjadi dalam waktu 2 jam setelah cedera (Moore dan Moore, 2018).

Syok hemoragik adalah bentuk syok hipovolemik yang disebabkan oleh perdarahan yang banyak. Terjadinya gangguan sirkulasi darah menyebabkan kebutuhan oksigen dan nutrisi jaringan tidak mampu mengeluarkan hasil metabolisme. Jika perdarahan terus berlanjut, kematian segera menyusul. Penyebab dari perdarahan yang mengakibatkan syok sangat bervariasi termasuk trauma, perdarahan maternal, perdarahan *gastrointestinal*, perdarahan perioperatif, dan pecahnya aneurisma (Cannon, 2018).

Pada saat terjadi syok hemoragik terjadi penurunan saturasi oksigen sehingga tubuh mengalami hipoksia. Kejadian ini berkontribusi terjadinya asidosis di dalam tubuh. Asidosis metabolik terjadi karena hilangnya darah dapat mengurangi volume sirkulasi dan mengganggu distribusi oksigen dan nutrisi ke jaringan tubuh. Dalam situasi ini, sel-sel tubuh mulai menggunakan glikogen sebagai sumber energi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingan. Keadaan ini merupakan respon dari asidosis metabolik untuk mempertahankan pasokan oksigen ke organ-organ vital (Wang dkk. 2021).

Gejala yang muncul pada pasien syok berupa hipotensi, nadi cepat dan halus, pucat, keringat dingin, sianosis jari-jari, sesak nafas, gelisah, dan oliguria (Fegita dan Satria, 2018). Gejala-gejala klinis pada pasien perdarahan



mengalami kekurangan darah dari total volume darah belum terlihat. Pasien masih dapat menoleransi dengan meningkatkan tahanan pembuluh,

frekuensi dan kontraktilitas otot jantung. Namun bila terjadi dalam waktu lama maka akan timbul gejala klinis seperti peningkatan frekuensi jantung dan nadi (takikardi), pengisian nadi yang lemah, kulit dingin dengan turgor buruk, dan CRT di atas 3 detik (Hardisman, 2013)

II.3 Stadium Syok Hemoragik

Menurut Tafwid (2015), stadium syok hemoragik dapat dikelompokkan dalam empat stadium seperti berikut :

Tabel 2. Stadium syok hemoragik (Tafwid, 2015)

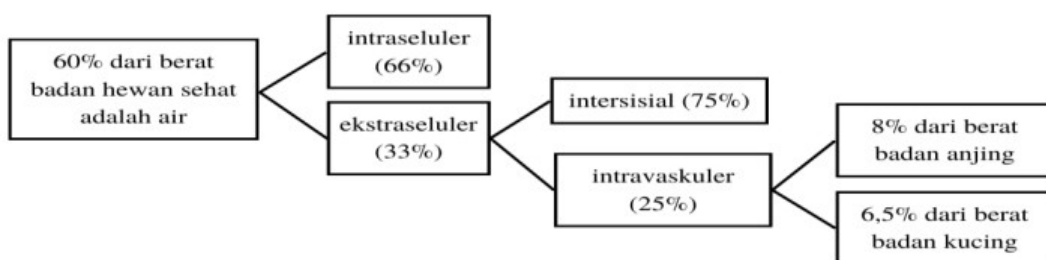
Stadium	Tanda Klinis
I	Terjadi pada kehilangan darah hingga maksimal 15% dari total volume darah. Pada saat ini tubuh mengalami penurunan <i>refilling</i> kapiler karena mengkompensasi dengan vasokonstriksi perifer. Frekuensi nadi dan nafas pasien masih dalam keadaan normal tetapi menjadi sedikit cemas atau gelisah.
II	Terjadi perdarahan sekitar 15-30%. Pada stadium ini, vasokonstriksi arteri tidak mampu lagi mengkompensasi fungsi kardiosirkulasi, mengakibatkan terjadinya takikardi, <i>refilling</i> kapiler yang melambat, penurunan tekanan darah terutama sistolik dan penurunan tekanan nadi, peningkatan frekuensi nafas, dan pasien menjadi lebih cemas.
III	Terjadi perdarahan sebanyak 30-40%. Ditandai dengan gejala pada stadium sebelumnya menjadi semakin berat. Frekuensi nadi terus meningkat hingga di atas 120 kali per menit, peningkatan frekuensi nafas hingga di atas 30 kali per menit, tekanan nadi dan tekanan darah sistolik sangat menurun, <i>refilling</i> kapiler yang sangat lambat.
IV	Terjadi perdarahan lebih dari 40%. Terjadi takikardi lebih dari 140 kali per menit dengan pengisian lemah sampai tidak teraba, kemudian gejala stadium 3 terus memburuk. Terjadinya hipotensi berat disebabkan oleh kehilangan volume



sirkulasi lebih dari 40%, tekanan nadi semakin kecil dan disertai dengan penurunan kesadaran atau letargi.

II.4 Distribusi Cairan dan Elektrolit

Air adalah komponen penyusun tubuh sekitar 60% berat badan pada hewan sehat. Sebesar 66% air di intraseluler, dan 33% ekstraseluler (75% interstitial dan 25% intravaskuler). Pada anjing, air di intravaskuler sebesar 8% berat badan, sedangkan pada kucing 6% dari berat badan (Tello dan Peres-Freytes, 2017). Air sangat dibutuhkan oleh tubuh karena berfungsi sebagai zat pelarut nutrisi untuk digunakan oleh sel. Air dan elektrolit adalah komponen di dalam tubuh yang tidak dapat dipisahkan. Keseimbangan air sangat diperlukan dalam metabolisme dan semua material metabolisme dapat dimanfaatkan oleh sel tubuh jika sudah terlarut. Seluruh cairan tubuh di distribusikan ke dalam kompartemen intraseluler dan ekstraseluler (Mulyani dkk. 2021).



Gambar 1. Distribusi cairan dan elektrolit (Tello dan Peres-Freytes, 2017).

Pertukaran antara darah dan sel jaringan tidak terjadi secara langsung.

Cairan interstisial, lingkungan internal sejati yang langsung berkontak dengan

sel sebagai perantara. Hanya 25% CES beredar sebagai plasma.

75% nya terdiri atas cairan interstisial yang merendam semua sel di



tubuh. Sel mempertukarkan berbagai bahan secara langsung dengan cairan interstisial, dengan jenis dan derajat pertukaran yang diatur oleh sifat-sifat membran plasma sel. Perpindahan menembus membran plasma mungkin bersifat pasif (yaitu, melalui difusi mengikuti penurunan gradien elektrokimiawi atau dengan difusi terfasilitasi yang diperantarai pembawa) atau aktif (yaitu, dengan transpor aktif yang diperantarai oleh pembawa atau transpor vesikular) (Sherwood, 2019).

Sebaliknya, pertukaran melewati dinding kapiler antara plasma dan cairan interstisial umumnya bersifat pasif. Satu-satunya transpor melewati sawar ini yang memerlukan energi adalah transpor vesikular yang terbatas. Karena dinding kapiler sangat permeabel, pertukaran berlangsung sedemikian tuntas sehingga cairan interstisial memiliki komposisi sama seperti darah arteri yang datang dengan pengecualian protein-protein plasma besar yang biasanya tidak dapat keluar dari pembuluh darah. Pertukaran antara darah dan jaringan sekitar melewati dinding kapiler berlangsung melalui dua cara: (1) difusi pasif mengikuti penurunan gradien konsentrasi, mekanisme utama untuk pertukaran tiap-tiap zat terlarut, dan (2) *bulk flow*, suatu proses yang memiliki fungsi berbeda dalam menentukan distribusi volume CES antara kompartemen vaskular dan cairan interstisial (Sherwood, 2019).

II.5 Resusitasi Cairan

Resusitasi cairan merupakan tindakan pengobatan esensial bagi alam kondisi kritis atau memerlukan perawatan intensif. Tujuan utama si adalah menghentikan sumber perdarahan dan mengembalikan



volume sirkulasi darah. Secara aktif pasien perdarahan harus memiliki cairan intravaskular agar oksigenasi jaringan tidak terganggu, bahkan pada konsentrasi hemoglobin yang rendah, selama volume sirkulasi dipertahankan. Konsentrasi hemoglobin pada individu yang mengalami perdarahan memiliki nilai diagnostik yang meragukan karena dibutuhkan waktu untuk menyeimbangkan berbagai kompartemen intravaskular. Sebaliknya, terapi harus dipandu pada tingkat perdarahan dan perubahan parameter hemodinamik, seperti tekanan darah, denyut jantung, dan *cardiac output* (CO) (Gutierrez dkk. 2014).

Perdarahan merupakan komplikasi terbesar pada trauma. Perdarahan yang menimbulkan gangguan sirkulasi secara klinis dikenal dengan syok. Perdarahan berat adalah perdarahan yang mengakibatkan kehilangan darah sebanyak 30% atau lebih dari *estimate blood volume*. Penatalaksanaan cairan pada syok perdarahan berat adalah dengan melakukan resusitasi agresif atau resusitasi standar (*massive resuscitation*) untuk mengganti cairan yang hilang (Ario dan Budipramana, 2011).

Resusitasi cairan merupakan langkah penting untuk meningkatkan *cardiac output* (CO) dan *delivery oxygen* (DO₂) pada pasien syok (Pasaribu, 2018). Dalam resusitasi cairan, hal-hal yang harus diperhatikan adalah jenis cairan yang diberikan, jumlah cairan, dan waktu pemberian resusitasi cairan pada fase *emergency* (Laksmi, 2016). Resusitasi cairan yang berlebihan



tidak buruk pada koagulasi, menimbulkan *trauma-related systemic inflammatory response syndrome* (SIRS) yang berlebihan, meningkatnya

angka kejadian *adult respiratory distress syndrome* (ARDS), edema paru, *compartment syndrome*, anemia, *thrombocytopenia*, pneumonia, gangguan elektrolit dan secara keseluruhan *survival* yang buruk. Jenis cairan yang dipakai tidak memberikan banyak perbedaan pada hasil akhir. Cairan resusitasi yang ideal harus dapat menaikkan volume intravaskuler yang terprediksi dan bertahan lama, mempunyai komposisi kimia yang mendekati cairan ekstraseluler, dapat di metabolisme dan diekskresi secara tuntas tanpa akumulasi di jaringan, tidak menimbulkan efek samping pada metabolik dan sistemik dan *cost effective*. Namun, pada saat ini tidak tersedia cairan buatan dengan karakteristik seperti ini (Supandji dkk. 2015)

Keberhasilan resusitasi memerlukan tindakan yang tepat untuk mencegah akumulasi jumlah oksigen lebih lanjut dan untuk mengembalikan oksigen yang ada dengan menghentikan semua sumber perdarahan dan memulihkan volume intravaskuler secepat mungkin. Pada pasien dengan trauma, konsep pendampingan dari operasi pengendalian kerusakan dan resusitasi pengendalian kerusakan mencapai tujuan ini. Demikian pula, pasien dengan perdarahan parah dari penyebab selain trauma manfaat dari lokalisasi cepat dan kontrol perdarahan dipasangkan dengan resusitasi produk darah (Cannon, 2018).

Resusitasi cairan dapat dilakukan salah satunya dengan cairan *maintenance*. Cairan *maintenance* mengacu pada volume cairan dan jumlah

yang harus dikonsumsi setiap hari untuk menjaga volume total air dan kandungan elektrolit dalam kisaran normal. Dilaporkan 1 kkal energi



= 1 ml air, tetapi ada juga yang melaporkan kebutuhan energi dan air berbeda. Diperkirakan air yang diperlukan individu meliputi 50 ml/kg BB/hari, sehingga untuk memperoleh hasil yang lebih akurat disarankan menggunakan perhitungan menurut Suartha (2010) :

$$\text{Kebutuhan cairan untuk } maintenance = \{(30 \times \text{kg BB}) + 70\}$$

Pada anjing yang syok diperlukan dosis cairan 40-90 ml/kg/jam sedangkan pada kucing 20-60 ml/kg/jam (Silvertain dan Hopper, 2015). Untuk mengetahui jumlah defisit dehidrasi maka diperlukan perkiraan presentase dehidrasi seperti di bawah ini :

Tabel 3. Perkiraan presentase dehidrasi (Suartha, 2010)

Presentase Dehidrasi	Tanda Klinis
<5	Kehilangan cairan tetapi tidak ditemukan adanya perubahan pada pengamatan fisik.
5	Membran mukosa mulut kering, tetapi tidak terengah-engah atau takikardia yang patologik.
7	Turgor kulit menurun ringan sampai sedang; membran mukosa kering; takikardia ringan, tekanan pulsus tidak teraba.
10	Turgor kulit sedang sampai berat, membran mukosa mulut kering, takikardia, dan tekanan pulsus turun,
12	Turgor kulit berat, mukosa mulut kering, gejala jelas, dan syok.



II.6 Jenis Cairan

II.6.1 Ringer Laktat

Cairan ringer laktat (RL) merupakan cairan kristaloid yang paling banyak digunakan untuk resusitasi pasien dengan dehidrasi berat dan syok. Laktat yang terkandung dalam cairan tersebut akan mengalami metabolisme di hati menjadi bikarbonat. Ringer laktat efektif sebagai terapi resusitasi dengan pemberian dalam jumlah yang cukup akan efektif mengatasi defisit volume intravaskuler. Keuntungan dari ringer laktat antara lain harga murah, tersedia dengan mudah di setiap pusat kesehatan, tidak perlu dilakukan *cross match*, tidak menimbulkan alergi atau syok anafilaktik, penyimpanan sederhana dan dapat disimpan lama. Waktu paruh cairan ringer laktat di ruang intravaskuler sekitar 20-30 menit (Dewi dkk. 2021).

Larutan kristaloid isotonik umumnya diberikan untuk pengisian intravaskular selama syok dan hipovolemia. Kristaloid adalah cairan pilihan pertama untuk resusitasi. Dianjurkan untuk segera memberikan larutan natrium klorida isotonik atau larutan ringer laktat sebagai respons terhadap syok akibat kehilangan darah. Pemberian cairan harus dilanjutkan sampai hemodinamik pasien menjadi stabil. Karena kristaloid cepat bocor dari ruang pembuluh darah, setiap liter cairan meningkatkan volume darah sebesar 20-30% (Procter, 2022).

Keseimbangan asam basa ringer laktat (RL) dianggap lebih baik dan bukti meningkatkan kelangsungan hidup dalam percobaan model tikus perdarahan masif. Hasil yang serupa juga diamati pada babi



menunjukkan keunggulan RL dalam kasus trauma berat. Namun laktat dari RL dimetabolisme di hati membentuk bikarbonat penyangga kunci dalam mencegah asidosis. RL tidak boleh diberikan kepada pasien dengan masalah hati. RL juga mengandung kalsium yang mampu mengikat antikoagulan selama transfusi darah juga dapat menyebabkan penggumpalan darah (Dewi dkk. 2021).

II.6.2 Gelatin

Larutan koloid adalah larutan yang memiliki osmolalitas lebih tinggi dari cairan ekstraseluler. Larutan koloid tidak dapat menembus dinding pembuluh darah dan menjaga tekanan osmotik cairan darah (Thomas dan Lerche, 2017). Berat molekulnya yang tinggi dapat berkontribusi pada tekanan onkotik untuk menahan air di dalam ruang intravaskuler. Larutan koloid dianggap menguntungkan untuk pengobatan syok hipovolemik berulang dan hipoproteinemia (Beeston dkk. 2020).

Cairan gelatin adalah plasma *expander* bermuatan negatif yang terdiri dari 4% *succinylated bovine gelatin polypeptides*, untuk penggunaan gelatin disesuaikan tergantung pada jumlah kehilangan darah dan pemulihan situasi hemodinamik yang stabil (Sivenesan dkk. 2017). Gelatin banyak digunakan dalam keadaan darurat klinis sebagai plasma expander, gelatin dapat menurunkan reabsorpsi ginjal dan akumulasi *colistin*, antibiotik lipopeptida, dalam sel tubulus ginjal dan dengan demikian mengurangi *nefrotoksitas* (Luo

0). Gelatin produk degradasi kolagen adalah ekspander plasma yang an pada pasien di unit gawat darurat, unit perawatan intensif, dan



ruang operasi dan pemulihan. Gelatin ini menjadi salah satu koloid sintetik pertama yang digunakan untuk resusitasi cairan, larutan gelatin dianggap tidak memiliki efek samping terkait dosis, khususnya tidak merusak hemostasis bedah dan kurang berbahaya bagi ginjal dibandingkan koloid non-protein lainnya (Rueddel dkk. 2012). Gelatin diindikasikan berada di pembuluh darah selama 1 sampai 2 jam (Johnson, 2020).

II.7 Ekokardiografi

II.7.1 Pengertian Ekokardiografi

Ekokardiografi adalah alat noninvasif untuk memeriksa pembuluh-pembuluh darah besar dan jantung dengan menggunakan gelombang *ultrasound*. Gelombang *ultrasound* dihasilkan oleh elemen *piezoelektrik* yang bekerja sebagai *transmitter* dan *receiver*. Bila gelombang *ultrasound* mengenai permukaan jaringan yang diperiksa akan dikirimkan gambaran yang sesuai dengan daya serap masing-masing jaringan (Silva dkk. 2017). Ekokardiografi sudah menjadi alat untuk menegakkan diagnosis penyakit jantung. Pemeriksaan ekokardiografi *transtorakal* (TTE) dan ekokardiografi *transesofagus* (TEE) sangat bermanfaat digunakan untuk menilai fungsi jantung perioperatif oleh dokter anestesia, baik sebelum operasi dan paska operasi (Sirait, 2020).

Ekokardiografi dua dimensi dan M-mode menilai struktur jantung, ukuran ruang, ketebalan dinding, dan gerakan serta struktur ekstrakardiak, dan efusi pleura. Pengukuran struktural relatif serupa dengan spesies lainnya, misalnya diameter atrium kiri 1 hingga 1,5 kali diameter



aorta, ukuran atrium kiri dan kanan serupa, serta diameter aorta dan arteri pulmonalis. Selain itu, ketebalan dinding bebas ventrikel kiri mendekati *septum interventrikular* dan 2 hingga 3 kali lebih tebal dibandingkan dinding bebas ventrikel kanan. Sinus koroner, yang mengelilingi persimpangan *atrioventrikular*, biasanya berukuran cukup besar pada kelinci dan tidak boleh dianggap sebagai anomali kongenital atau tanda struktural gagal jantung kanan (Fitri dkk. 2020).

Pemeriksaan ekokardiografi dilakukan dengan posisi rebah kanan atau *right parasternal* (RPS), dengan posisi transduser *short axis views* (SA). Transduser diposisikan setelah detak jantung terpalpasi antara *intercostae* 4-6. Posisi transduser *short axis* (SA) dilakukan untuk mendapatkan pencitraan M-mode untuk pengukuran detak jantung, *left ventricular internal dimension systole* (LVIDs), *left ventricular internal dimension diastole* (LVIDd), *left ventricular wall diastole* (LVWd), *left ventricular wall systole* (LVWs), *inter ventricular septum diastole* (IVSd), *inter ventricular septum systole* (IVSs), *ejection fraction* (EF), *fraction shortening* (FS), *cardiac output* (CO), dan *stroke volume* (SV) (Srinivasan dkk. 2017).

II.7.2 Pengukuran dan Perhitungan Ekokardiografi

Frekuensi detak jantung dihitung dengan mengukur antara dua puncak gelombang pada tampilan layar monitor ekokardiografi. *Interventricular septum diastole* (IVSd) merupakan pengukuran diameter atau ketebalan *interventricular*, yaitu jarak *interventricular* septa pada saat diastol. Pengukuran IVSd dilakukan selama fase diastol jantung, yaitu saat jantung



dalam keadaan relaksasi. IVSd ini mencerminkan ketebalan dinding septum *interventricular* dalam kondisi istirahat, ketika jantung diisi dengan darah. Sedangkan *Interventricular septum systole* (IVSs) dilakukan selama fase sistol jantung, yaitu saat jantung sedang berkontraksi atau memompa darah ke sistem sirkulasi. IVSs ini mengukur ketebalan septum *interventricular* pada saat jantung berkontraksi dan dalam kondisi maksimum (Casamian dkk. 2014).

Left ventricular internal dimension diastole (LVIDd) merupakan cara untuk mengukur diameter dalam ventrikel kiri jantung pada saat akhir diastol. Fase diastol ini adalah fase relaksasi jantung ketika ventrikel kiri mengisi dengan darah sebelum kontraksi. Adapun *Left ventricular internal dimension systole* (LVIDs) mengukur diameter internal ventrikel kiri saat dalam fase sistolik atau fase kontraksi jantung saat darah dipompa ke aorta dan seluruh tubuh. Pengukuran ini digunakan untuk menilai kemampuan kontraksi ventrikel kiri dan daya pampasan jantung. *Left ventricular free wall* (LVW) dihitung dengan mengukur ketebalan dinding posterior (belakang) ventrikel kiri pada saat akhir diastol dan sistol (Penninck dan Andrea'd'Anjou, 2015).

Parameter ekokardiografi selanjutnya yaitu ada *end diastolic volume* (EDV), *end systolic volume* (ESV), *stroke volume* (SV), *cardiac output* (CO), *ejection fraction* (EF), dan *fractional shortening* (FS). EDV merupakan volume darah yang ada dalam ventrikel kiri sebelum jantung berkontraksi, sedangkan

merupakan volume darah yang tersisa dalam ventrikel kiri setelah jantung aksi. SV merupakan jumlah volume darah setiap jantung berkontraksi



sedangkan CO merupakan jumlah volume darah setiap jantung berkontraksi dalam waktu 1 menit. EF adalah rasio volume darah yang dikeluarkan oleh ventrikel kiri per volume darah yang ada di dalamnya selama kontraksi. FS adalah perubahan panjang ventrikel kiri selama kontraksi (Cerbu dkk. 2023). Hasil perhitungan parameter tersebut dapat memberikan informasi penting terkait keefektifan jantung dalam bekerja (Siallagan dkk. 2014). Adapun untuk mengetahui jumlah volume darah yang dipompa dalam sekali kontraksi dan kekuatan presentase kontraksinya dapat dihitung menggunakan sebuah rumus. Menurut Boon (2011) dan Chengode (2016), rumus turunan perhitungan ekokardiografi sebagai berikut :

Tabel 4. Turunan perhitungan ekokardiografi (Boon, 2011)

Parameter	Persamaan
<i>Left ventricular end diastolic volume</i> (LVED)	$[7/2,4 + \text{LVIDd}] \times \text{LVIDd}^3$
<i>Left ventricular end systolic volume</i> (LVES)	$[7/2,4 + \text{LVIDs}] \times \text{LVIDs}^3$
Volume secungkup (SV)	LVED - LVES
Curah jantung (CO)	SV x HR
<i>Ejection fraction</i> (EF)	$[\text{LVED}-\text{LVES}/\text{LVED}] \times 100$
<i>Fractional shortening</i> (FS)	$[\text{LVIDd}-\text{LVIDs} / \text{LVIDd}] \times 100$

II.7.3 Pengaruh Anestesi pada Gambaran Ekokardiografi

Anestesi dapat mengakibatkan efek pada sistem kardiovaskular dan pernapasan seperti peningkatan kerja jantung, peningkatan konsumsi takikardia, bradikardia, hipertensi, dan hipotensi (Fitri dkk. 2020). Akata (2007), menyebutkan bahwa anestesi umum akan nggu stabilitas kardiovaskular dengan memengaruhi fungsi jantung



dan reaktivitas vaskular yang secara signifikan dapat mengganggu distribusi curah jantung ke organ-organ vital.

Sediaan anestetik yang sering digunakan pada kelinci adalah ketamin. Ketamin adalah anestetik yang dapat merangsang sistem kardiovaskuler akibat efek perangsangannya pada pusat saraf simpatis. Ketamin dapat memberikan efek berupa peningkatan frekuensi denyut jantung, tekanan darah, dan curah jantung (Baumgartner dkk. 2010). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2018), menyatakan bahwa kombinasi anestesi *ketamine* dan *xylazine* jangka panjang pada kelinci menyebabkan perubahan ukuran struktur dan menekan sistem kardiovaskular melalui sistem saraf simpatis, sehingga kombinasi ini memperlihatkan penurunan denyut jantung. Kombinasi anestesi *ketamine* dan *xylazine* menyebabkan sedikit penurunan pada dimensi internal ventrikel kiri dan volume aliran darah, peningkatan ketebalan septa interventrikel saat sistol, serta cenderung stabil pada ketebalan otot ventrikel kiri, ketebalan septa interventrikel saat diastol, dan kemampuan kontraksi jantung.

II.7.4 Pengaruh Syok Hemoragik pada Gambaran Ekokardiografi

Syok hemoragik adalah suatu kondisi yang terjadi ketika terjadi kehilangan volume darah sehingga menyebabkan penurunan tekanan darah dan pengiriman oksigen ke jaringan (Neto dkk. 2010). Ketika terjadi syok hemoragik, maka akan terjadi disfungsi ventrikel kiri. Perdarahan akut ini



akan gangguan relaksasi isovolumik dini dan sementara serta penurunan kekuatan miokard 120 menit setelah perdarahan. Untuk

mengatasi kondisi perdarahan ini, jantung akan merespon untuk menjaga aliran darah ke organ-organ vital sehingga melibatkan kerja ventrikel kiri jantung dan beberapa hal yang terjadi pada ventrikel kiri (Giannico dkk. 2015).

Apabila terjadi kehilangan darah yang signifikan dalam tubuh, terdapat beberapa hal yang akan terjadi pada *left ventricular*, pertama yaitu ventrikel kiri menyusut lebih kuat untuk mengkompensasi penurunan volume darah, ventrikel kiri akan menyusut lebih kuat selama fase sistolik, hal ini adalah upaya jantung untuk memastikan bahwa volume darah yang tersisa akan dipompa ke seluruh tubuh. Kedua, ventrikel kiri juga bisa mengalami peningkatan ketebalan dinding sebagai respons terhadap hipovolemia (D'Annunzio dkk. 2011). Hal ini dikenal sebagai hipertrofi ventrikel kiri, dinding jantung yang menebal bisa menjadi kaku, dan tekanan darah di jantung meningkat. Ketika dinding jantung menebal, jumlah darah yang dapat ditampung di ruangan tersebut dapat berkurang meskipun ukuran jantung secara keseluruhan meningkat dan jantung terisi lebih lambat (Liu dkk. 2014). Ketiga, terjadi peningkatan kontraksi (inotropisme) ventrikel kiri sebagai upaya untuk mempertahankan tekanan darah yang cukup untuk menjaga aliran darah ke organ-organ penting. Keempat, terjadi pengurangan diameter diastolik (saat jantung berisi darah) untuk mengakomodasi volume darah yang berkurang. Kelima, syok hemoragik juga dapat memengaruhi bentuk dan geometri ventrikel kiri. Ventrikel kiri mungkin menjadi lebih elips atau berubah

untuknya, yang akan tercermin dalam perubahan pada diameter kiri dalam ekokardiografi (D'Annunzio dkk. 2011).

