

Ekokardiografi Transthoraks pada Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*)

*(TRANSTHORACIC ECHOCARDIOGRAPHIC OF
THE SUMATRAN RHINO (DICERORHINUS SUMATRENSIS))*

**Andhani Widya Hartanti¹, Muhammad Agil², Setyo Widodo³,
Zulfi Arsan⁵, Ni Made Ferawati⁵, Vindo Rossy Pertiwi⁵,
Aprilia Eva Widyawati⁵, Ganis Mustikawati⁵,
Henny Endah Anggraeni⁶, Deni Noviana^{4*}**

¹Program Studi Magister Ilmu Biomedis Hewan,

²Divisi Reproduksi dan Kebidanan,

³Divisi Penyakit Dalam,

⁴Divisi Bedah dan Radiologi,

Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis,

Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

Jalan Agatis, Kampus IPB Dramaga. Bogor,

Jawa Barat, Indonesia 16680.

⁵Suaka Rhino Sumatera,

Taman Nasional Way Kambas, Lampung, Indonesia

⁶Program Studi Paramedik Veteriner,

Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

*E-mail Address: deni@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

The Sumatran rhino is on the brink of extinction due to poaching and habitat loss. The remaining doomed and isolated rhinos were rescued and translocated to the Suaka Rhino Sumatera (SRS) to protect and breed them for conservation. One of the causes of death of adult rhinos is heart disease (cardiomyopathy, myocarditis, heart infarction) and cardiovascular failure due to lung and gastrointestinal diseases. This study was aimed to determine an ideal echocardiographic imaging techniques for the Sumatran rhino, to observe the echocardiographic appearance of the Sumatran rhino, and to determine the dimensions of the Sumatran rhino's heart. Echocardiography was performed on Sumatran rhinos at the Suaka Rhino Sumatera using a phased-array transducer with a frequency of 3.5 MHz which is placed on the left and right thoracic parasternal intercostae. During the echocardiography examination, all rhinos were standing in a conscious condition without anaesthesia. The best Brightness-mode echocardiographic appearance in Sumatran rhinos were obtained from the left parasternal view on the 3rd and 4th intercostal, both long axis and short axis images. The echocardiographic appearance obtained from the left parasternal long axis and right parasternal long axis view was the 'four chambers' (right atrium, left atrium, right ventricle, left ventricle), whereas the 'five chambers' (four heart chambers and aorta) was obtained from the right apical and left apical view. The dimensions of the Sumatran rhino's heart based on measurements using Motion-mode are IVSd 2.12 ± 0.25 cm; LVIDd 9.70 ± 0.82 cm; LVPWd 1.82 ± 0.12 cm; IVSd/LVPWd 1.20 ± 0.21 cm; left ventricular weight 1723.90 ± 311.45 grams; RWT 0.38 ± 0.05 ; IVSs 2.83 ± 0.3 cm; LVIDs 5.41 ± 0.96 cm; LVPWs 3.28 ± 0.30 cm; EDV 952.69 ± 231.36 mL; ESV 185.38 ± 90.93 mL; SV 767.31 ± 150.92 mL; CO 38769.19 ± 8222.88 mL/minute; EF $81.95 \pm 5.55\%$; FS $41.96 \pm 8.24\%$.

Keywords: Brightness-Mode; echocardiography; heart; Motion-Mode; Sumatran rhino

ABSTRAK

Badak sumatera berada di ambang kepunahan akibat perburuan dan kehilangan habitat. Badak sumatera yang keluar dari habitatnya (*doomed*) dan terisolasi diselamatkan dan ditranslokasi ke Suaka Rhino Sumatera (SRS) Taman Nasional Way Kambas Lampung dalam rangka melindungi dan membiakkan mereka untuk konservasi. Salah satu penyebab kematian badak sumatera dewasa adalah gangguan jantung (kardiomiopati, miokarditis, infark jantung) dan kegagalan kardiovaskuler akibat penyakit paru-paru maupun gastrointestinal. Tujuan dari studi ini adalah menentukan teknik pemeriksaan ekokardiografi transthoraks pada badak sumatera, melihat struktur internal jantung dan mengetahui dimensi ukuran jantung badak sumatera. Ekokardiografi transthoraks dilakukan pada badak sumatera di Suaka Rhino Sumatera menggunakan transduser *phased-array* dengan frekuensi 3.5 MHz yang diletakkan di sela iga/*intercostae* parasternal thoraks sisi kiri (*left parasternal*) dan kanan (*right parasternal*). Pada pemeriksaan ekokardiografi, seluruh badak sumatera pada posisi berdiri dalam kondisi sadar tanpa anestesi. Gambaran ekokardiografi *Brightness-mode* pada badak sumatera paling jelas didapatkan dari sudut pandang *left parasternal* pada *intercostae* ke-3 dan ke-4 baik gambaran *long axis* maupun *short axis*. Gambaran ekokardiografi yang didapatkan dari sudut pandang *left parasternal long axis* dan *right parasternal long axis* berupa *four chamber* (atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri), sedangkan *five chamber* (empat ruang jantung dan aorta) didapatkan dari sudut pandang *right apical* dan *left apical*. Dimensi jantung berdasarkan pengukuran dengan *Motion-mode* adalah IVSd $2,12 \pm 0,25$ cm; LVIDd $9,70 \pm 0,82$ cm; LVPWd $1,82 \pm 0,12$ cm; IVSd/LVPWd $1,20 \pm 0,21$ cm; bobot ventrikel kiri $1723,90 \pm 311,45$ g; RWT $0,38 \pm 0,05$; IVSs $2,83 \pm 0,30$ cm; LVIDs $5,41 \pm 0,96$ cm; LVPWs $3,28 \pm 0,3$ cm; EDV $952,69 \pm 231,36$ mL; ESV $185,38 \pm 90,93$ mL; SV $767,31 \pm 150,92$ mL; CO $38769,19 \pm 8222,88$ mL/menit; EF $81,95 \pm 5,55\%$; FS $41,96 \pm 8,24\%$.

Kata-kata kunci: badak sumatera; *Brightness-mode*; ekokardiografi; *Motion-mode*; jantung

PENDAHULUAN

Badak sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*) merupakan salah satu dari lima spesies badak di dunia yang berada di ambang kepunahan. Badak ini telah dikategorikan terancam punah (*Critically Endangered*) oleh *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) karena penurunan populasi yang pesat selama tiga generasi dan jumlah individu yang kurang dari 100 ekor (IRF 2021; Nardelli 2014). Perburuan badak untuk diambil cularnya dan deforestasi menurut Goossens *et al.* (2013), merupakan penyebab utama penurunan populasi serta isolasi habitat dari spesies ini. Salah satu upaya perlindungan spesies ini di Indonesia dilaksanakan melalui program konservasi dengan menyelamatkan badak yang berada di luar habitat dan terisolasi serta ditranslokasi ke Suaka Rhino Sumatera (SRS). Suaka ini dibangun di zona khusus Taman Nasional Way Kambas; Kecamatan Labuhan Ratu, Lampung Timur, Lampung sebagai program konservasi *semi in situ* bagi beberapa badak sumatera yang tersisa dan hidup terisolasi (YABI 2015). Badak yang dipelihara dalam kandang dapat mengalami gangguan kesehatan (trauma, infeksi parasit, penyakit infeksius dan non-infeksius)

sehingga satwa ini memerlukan manajemen perawatan dan kesehatan yang baik (Miller dan Fowler, 2012). Salah satu penyebab

kematian badak dewasa menurut Wyss *et al.* (2012), adalah gangguan jantung (kardiomiopati, miokarditis, infark jantung) dan kegagalan kardiovaskuler akibat penyakit paru-paru maupun gastrointestinal.

Ultrasonografi (USG) merupakan salah satu metode non-invasif yang menunjang pemeriksaan morfologi dan fungsi dari organ tubuh hewan. Teknik USG pada jantung (ekokardiografi) dapat menjadi salah satu prosedur baru dalam protokol pemeriksaan medis rutin pada badak sumatera di SRS. Penelitian mengenai ekokardiografi saat ini, belum pernah dilakukan pada semua spesies badak sehingga belum ada teknik pemeriksaan ekokardiografi, data mengenai gambaran ekokardiografi serta dimensi normal dari jantung badak. Penelitian ekokardiografi jantung badak sumatera di SRS ini akan menjadi penelitian pertama yang dilakukan pada badak.

Fokus pemeriksaan ekokardiografi pada penelitian ini adalah menentukan teknik pemeriksaan ekokardiografi, ekokardiografi dua dimensi *Brightness-mode* (*B-Mode*) untuk melihat gambaran struktur internal jantung,

serta *Motion-mode (M-Mode)* untuk mengukur dimensi jantung. Pemeriksaan jantung dengan USG baru dilakukan pertama kali pada badak sumatera sehingga ekokardiografi pada penelitian ini dilakukan dari semua sudut pandang. Sudut pandang ekokardiografi yang tepat akan memberikan gambaran jantung yang baik dan jelas. Teknik pemeriksaan ekokardiografi yang tepat dapat memberikan gambaran jantung yang baik dan jelas.

Badak memiliki anatomi tubuh yang menyerupai hewan besar sehingga ekokardiografi pada badak sumatera dapat mengacu kepada prosedur pemeriksaan ekokardiografi pada hewan besar: seperti kerbau (Torad *et al.*, 2017), sapi (Braun *et al.*, 2001), dan kuda (Gazi *et al.*, (2015). Teknik pemeriksaan ekokardiografi pada hewan besar dapat dilakukan dengan posisi berdiri dalam kandang jepit dan tanpa sedasi seperti pada kerbau (Torad *et al.*, 2017), sapi (Braun *et al.*, 2001), dan kuda (Gazi *et al.*, 2015). Gambaran ekokardiografi *B-Mode* didapatkan secara *real time* dari celah *parasternal* maupun *subxifoid* pada kuda (Gazi *et al.*, 2015). Pengukuran dimensi jantung dilakukan dengan menggunakan *M-Mode* seperti ekokardiografi pada kerbau (Torad *et al.*, 2017). Tujuan dari penelitian adalah menentukan teknik pemeriksaan ekokardiografi transthoraks pada badak sumatera, melihat struktur internal jantung dan mengetahui dimensi ukuran jantung badak sumatera.

METODE PENELITIAN

Prosedur ekokardiografi pada penelitian ini menggunakan tujuh ekor badak sumatera dan dilakukan tanpa anestesi (kondisi sadar). Badak dimasukkan kedalam kandang jepit untuk memudahkan pemeriksaan ekokardiografi. Pemeriksaan fisik dilakukan sebelum ekokardiografi dimulai untuk memastikan bahwa badak dalam kondisi sehat.

Ekokardiografi dilakukan menggunakan mesin USG (Chison® Vet Ebit 60, Sichuan, Tiongkok) yang dilengkapi dengan transduser *phased-array* dengan frekuensi 3.5 MHz. Posisi badak pada saat ekokardiografi berlangsung adalah berdiri tegak pada keempat kaki. Orientasi jantung badak dilakukan dengan auskultasi jantung, yaitu pada sela iga/*intercostae* dari rusuk ke-3, 4, dan 5 dinding thoraks sebelah kiri. Gel USG diaplikasikan dan transduser diletakkan pada area jantung tersebut.

Transduser diletakkan transthoraks sejajar *intercostae* hingga didapatkan gambaran jantung *long axis* pada thoraks sebelah kiri, yaitu *left parasternal long axis (LPS long axis)*. Transduser kemudian diputar 90° searah jarum jam maka didapatkan gambaran *short axis* jantung yang terlihat bulat (*LPS short axis*). Teknik *M-Mode* dilakukan untuk mendapatkan dimensi dan fungsi jantung, ketika mendapatkan gambaran *short axis* jantung yang simetris. Pengukuran dengan teknik *M-Mode* dilakukan pada dua siklus jantung dan pengukuran tersebut diulang sebanyak tiga kali pada *M-Mode*. Transduser kemudian diletakkan di bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak terhadap tulang dada sejajar dengan sela iga yang sama sehingga didapatkan gambaran *left apical (LAp)*.

Pemeriksaan ekokardiografi dilanjutkan di thoraks sebelah kanan atau *right parasternal (RPS)* sehingga didapatkan gambaran jantung *long axis* dan *short axis*. Transduser kemudian diletakkan di bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak sejajar dengan *intercostae* yang sama sehingga didapatkan gambaran *right apical (RAp)*. Pemeriksaan ekokardiografi pada penelitian ini dilakukan pada beberapa sudut pandang karena prosedur ini baru dilakukan pertama kali pada badak untuk mencari visualisasi terbaik dari gambaran ekokardiografi.

Data kualitatif berupa gambaran ekokardiografi dianalisis secara deskriptif. Data kuantitatif hasil pengukuran dimensi jantung yang didapatkan dari *M-Mode* dianalisis dan disajikan dalam bentuk rata-rata dan standar deviasi 5% ($\bar{x} \pm SD$). Uji statistika yang dilakukan, adalah uji *outlier univariate* untuk mengetahui adanya *outlier* pada data hasil pengukuran, uji korelasi antara hasil pengukuran jantung dengan bobot badan, dan uji t untuk mengetahui pengaruh jenis kelamin terhadap hasil pengukuran ekokardiografi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pemeriksaan fisik (Tabel 1), semua badak dalam kondisi sehat dan tidak memiliki riwayat kelainan anatomi maupun gangguan fungsi jantung. Abnormalitas tidak ditemukan selama pemeriksaan fisik dengan auskultasi thoraks maupun ekokardiografi.

Teknik Ekokardiografi pada Badak Sumatera

Badak ditempatkan dalam kandang jepit pada posisi berdiri tegak pada keempat kaki

dengan kondisi sadar (Gambar 1). Auskultasi yang dilakukan untuk menentukan area jantung menunjukkan jantung berada pada area sela iga/*intercostae* dari rusuk ke-3, 4, dan 5 dari dinding dada sebelah kiri. Gel USG diaplikasikan dan transduser diletakkan pada area tersebut (Gambar 2). Kaki depan badak sebelah kiri harus ditarik atau diposisikan ke depan untuk dapat menjangkau area jantung dengan gambaran ekokardiografi yang baik. Ekokardiografi pada dada sebelah kiri dilakukan dengan sudut pandang LPS *long axis* (Gambar 3) dan LPS *short axis* (Gambar 4). Pengukuran dimensi jantung dengan *M-mode* dilakukan pada saat mendapatkan gambaran jantung bulat simetris (LPS *short axis*). Transduser kemudian diposisikan pada bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak terhadap tulang dada sejajar dengan *intercostae* yang sama (sudut pandang LAP) (Gambar 5).

Ekokardiografi juga dilakukan pada dada sebelah kanan pada sela iga/*intercostae* ke-3, 4, dan 5 dengan sudut pandang RPS *long axis* (Gambar 6) dan RPS *short axis* (Gambar 7). Kaki depan badak sebelah kanan harus ditarik atau diposisikan ke depan untuk dapat menjangkau area jantung bagian kanan. Pengukuran dimensi jantung dengan *M-mode* juga dilakukan pada saat mendapatkan gambaran jantung bulat simetris (RPS *short axis*). Transduser kemudian diposisikan pada bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak terhadap tulang dada sejajar dengan sela iga/*intercostae* yang sama (sudut pandang RAP) (Gambar 8).

Gambaran Ekokardiografi B-Mode

Sudut pandang LPS *long axis* memberikan gambaran jantung *four chamber* secara longitudinal dari ekokardiografi *B-Mode* (Gambar 9). Gambaran empat ruang jantung dan kedua katup terlihat jelas pada sudut pandang ini. Transduser diputar 90° searah jarum jam untuk mendapatkan gambaran LPS *short axis* (Gambar 10). Sudut pandang ini menghasilkan gambaran ekokardiografi *B-Mode* berupa potongan transversal jantung yang berbentuk bulat pada semua badak.

Pemeriksaan jantung dilanjutkan pada sisi dada sebelah kanan atau sudut pandang RPS dengan posisi transduser yang sama dengan posisi LPS. Berdasarkan pemeriksaan, gambaran jantung lebih sulit didapatkan pada sudut pandang ini. Gambaran jantung secara longitudinal (*long axis*) yang jelas hanya didapatkan pada satu badak (Gambar 11) dengan

empat ruang jantung dan dua katup terlihat jelas pada gambaran ekokardiografi tersebut. Gambaran *short axis* dari sudut pandang ini tidak berhasil didapatkan pada semua badak. Pemeriksaan dengan sudut pandang LAP atau RAP memberikan gambaran jantung berupa *five chamber* (Gambar 12). Gambaran empat ruang jantung dan aorta terlihat jelas dari sudut pandang LAP maupun RAP.

Pengukuran Dimensi Jantung dengan Ekokardiografi M-Mode

Pengukuran jantung dengan *M-Mode* hanya dapat dilakukan pada sudut pandang LPS *short axis* dan gambaran jantung yang diperoleh berbentuk bulat simetris (Gambar 13). Hal ini disebabkan gambaran *short axis* yang jelas sulit didapatkan dari sudut pandang RPS. Prosedur pengukuran diulang sebanyak tiga kali sehingga didapatkan hasil ukuran jantung berupa rata-rata serta standar deviasi dari setiap individu (Tabel 2) dan jenis kelamin (Tabel 3).

Berdasarkan ekokardiografi, dimensi jantung pada badak sumatera adalah $2,12 \pm 0,25$ cm untuk IVSd; $9,70 \pm 0,82$ cm untuk LVIDd; $1,82 \pm 0,12$ cm untuk LVPWd; $1,20 \pm 0,21$ cm untuk IVSd/LVPWd; $1723,90 \pm 311,45$ g untuk bobot ventrikel kiri; $0,38 \pm 0,05$ untuk RWT; $2,83 \pm 0,3$ cm untuk IVSs; $5,41 \pm 0,96$ cm untuk LVIDs; $3,28 \pm 0,3$ cm untuk LVPWs. Fungsi jantung adalah $952,69 \pm 231,36$ mL; $185,38 \pm 90,93$ mL; $767,31 \pm 150,92$ mL; $38769,19 \pm 8222,88$ mL/menit; $81,95 \pm 5,55\%$; $41,96 \pm 8,24\%$ masing-masing untuk EDV, ESV, SV, CO, EF, dan FS.

Variabel IVSd/LVPDWd berdasarkan uji *outlier univariate*, menunjukkan adanya *outlier* pada data, sedangkan variabel lain menunjukkan sebaran normal. Uji lanjut menunjukkan bahwa nilai IVSd/LVPDWd dari badak bernama Harapan merupakan *outlier* (kondisi di luar nilai normal dari badak lain).

Uji-t terhadap data hasil pengukuran menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antara nilai ukuran jantung badak jantan dengan betina ($P > 0,05$). Uji korelasi Pearson yang dilakukan antar dimensi menunjukkan korelasi kuat yang positif maupun negatif ($P < 0,05$ dan $P < 0,01$) antar dimensi jantung (Tabel 4).

Badak termasuk ke dalam ordo *perissodactyla* bersama dengan kuda, tapir dan zebra (Ellis dan Talukdar, 2020) yang memiliki kemiripan anatomi tubuh. Anatomi tubuh hewan ordo *perissodactyla* juga secara umum memiliki kemiripan dengan ordo *artiodactyla*,

sebagai contoh: sapi, kerbau, unta, dan jerapah. Anatomi jantung badak dari setiap spesies, ruminansia, dan kuda menurut Erdoğan *et al.* (2013), memiliki banyak kemiripan. Perbedaan terletak pada jantung badak sumatera yang memiliki *musculus papilaris* pada ventrikel kiri dengan masing-masing memiliki tujuh *chorda tendinae*, sedangkan enam *chorda tendinae* terhubung dengan *musculus papilaris magnus* di ventrikel kanan. Penelitian ekokardiografi pada badak belum pernah dilakukan, namun deskripsi teknik ekokardiografi, interpretasi gambaran ekokardiografi dan dimensi jantung badak dapat mengacu maupun dibandingkan dengan hasil penelitian ekokardiografi pada sapi, kerbau,

maupun kuda yang memiliki kemiripan anatomi.

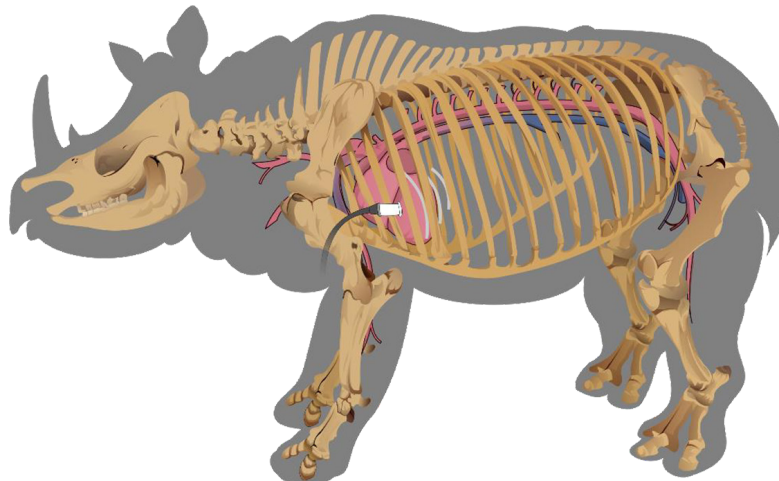
Prosedur ekokardiografi pada penelitian ini tidak memerlukan sedasi maupun anestesi pada badak, sehingga gambaran dan hasil pengukuran yang didapatkan merupakan kondisi normal dari badak. Prosedur pemeriksaan ekokardiografi tanpa sedasi atau anestesi memberikan tantangan khusus bagi operator USG serta perawat satwa. Pada saat dilakukan pemeriksaan badak Sumatera dimasukkan kedalam kandang jepit sehingga aman bagi tim pelaksana ekokardiografi serta meminimalkan cedera pada badak karena terbatasnya pergerakan badak.



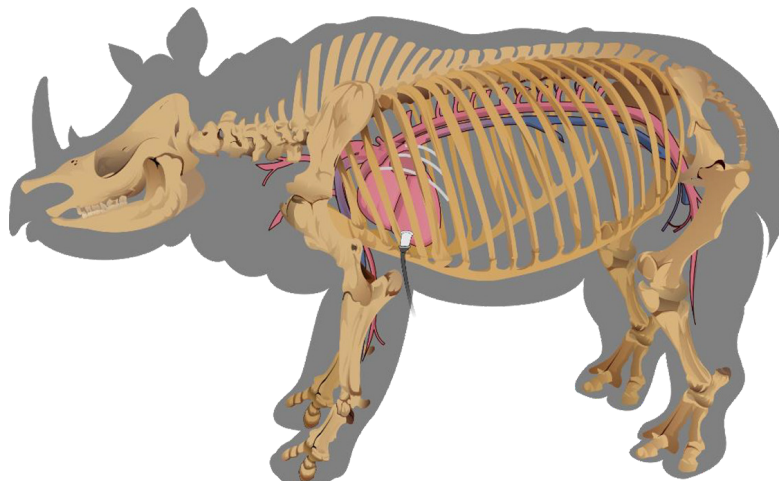
Gambar 1 Badak dengan kondisi sadar ditempatkan di dalam kandang jepit pada saat pemeriksaan ekokardiografi dilakukan oleh operator USG.



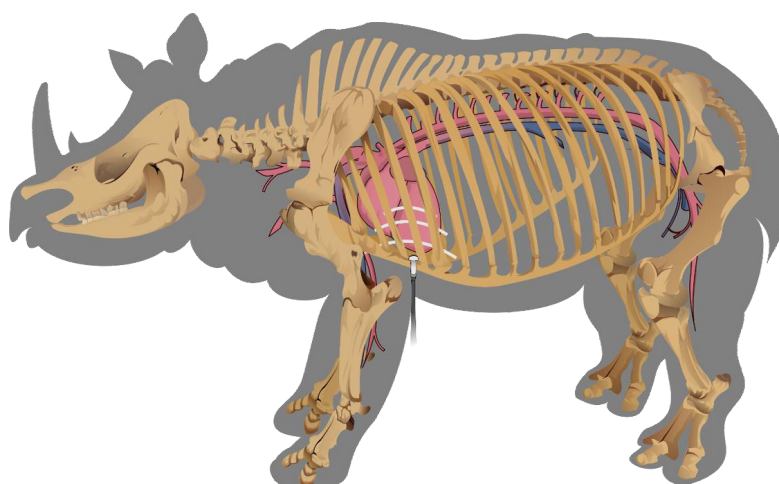
Gambar 2 Gel USG diaplikasikan dan transduser diletakkan pada area jantung setelah auskultasi dilakukan.



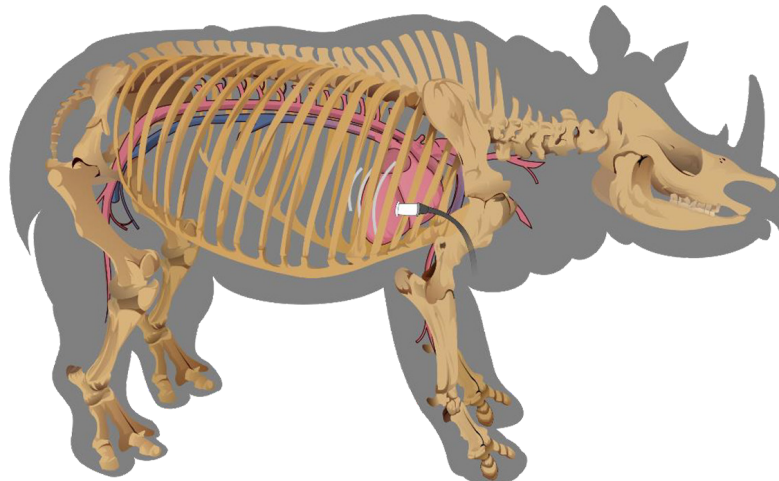
Gambar 3 Posisi transduser pada sudut pandang *left parasternal (LPS) long axis*. Transduser ditempatkan sejajar dengan *intercostae* ke-3 atau ke-4 dinding dada kiri.



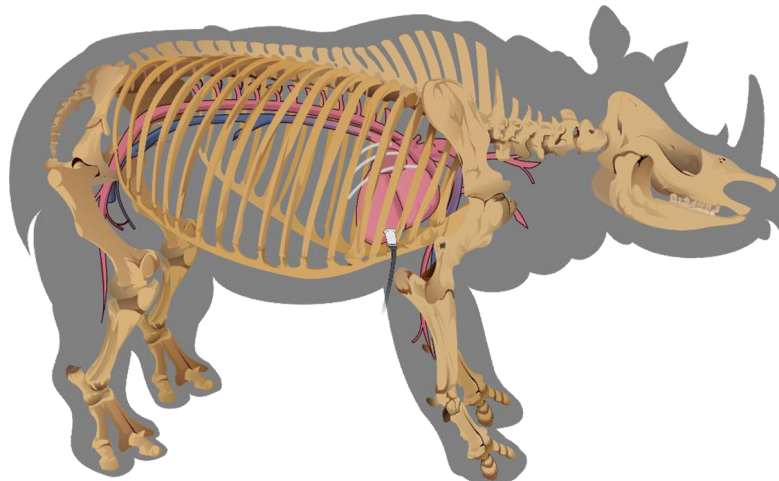
Gambar 4 Posisi transduser pada sudut pandang *left parasternal (LPS) short axis*. Transduser diputar 90° searah jarum jam dari *LPS long axis* untuk mendapatkan gambaran *LPS short axis*.



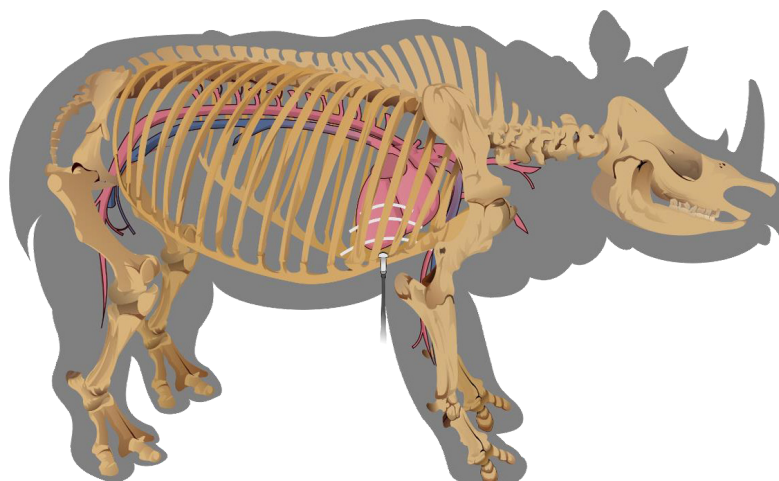
Gambar 5 Posisi transduser pada sudut pandang *left apical (LAp)*. Transduser kemudian diposisikan pada bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak terhadap tulang dada sejajar dengan *intercostae*.



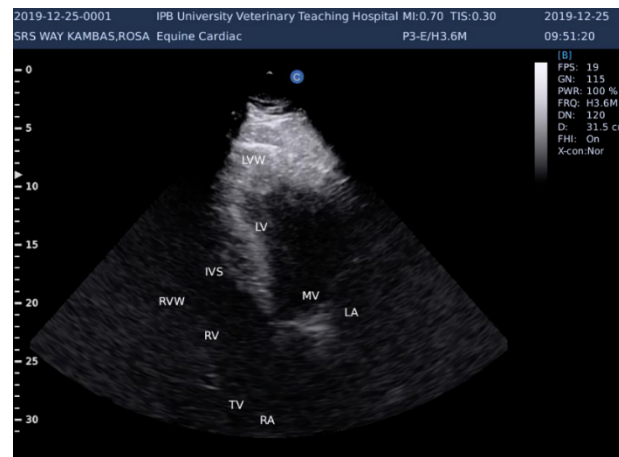
Gambar 6 Posisi transduser pada sudut pandang *right parasternal (RPS) long axis*. Transduser diletakkan sejajar dengan *intercostae* ke-3 atau ke-4 pada dinding toraks kanan.



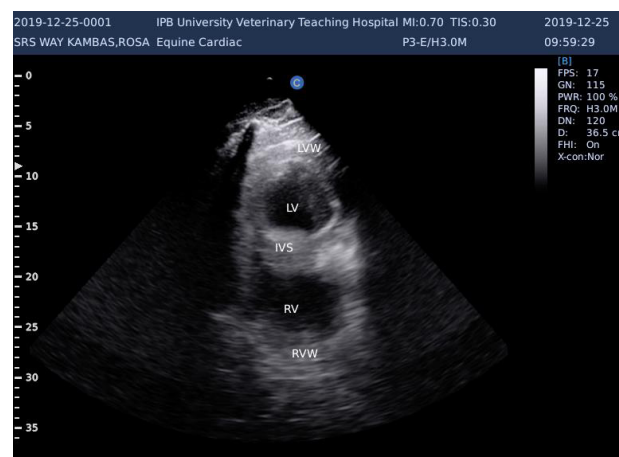
Gambar 7 Posisi transduser pada sudut pandang *right parasternal (RPS) short axis*. Transduser diputar 90° searah jarum jam dari RPS *long axis* untuk mendapatkan gambaran RPS *short axis*.



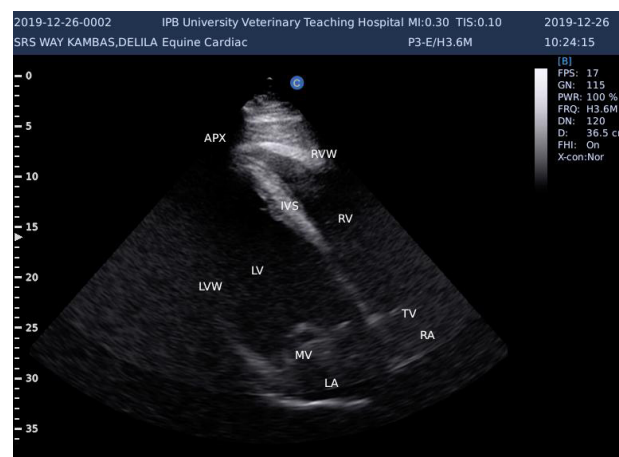
Gambar 8 Posisi transduser pada sudut pandang *right apical (RAp)*. Transduser kemudian diposisikan pada bagian bawah (dekat tulang dada) secara tegak terhadap tulang dada sejajar dengan *intercostae*.



Gambar 9 Gambaran ekokardiografi *B-Mode* pada sudut pandang *left parasternal long axis*. Kedua ventrikel dan atrium jantung terlihat dalam potongan longitudinal. LVW, *left ventricle wall*; LV, *left ventricle*; IVS, *inter ventricle septa*; MV, *mitral valve*; LA, *left atrium*; RV, *right ventricle*; RVW, *right ventricle wall*; TV, *tricuspidalis valve*; RA, *right atrium*.



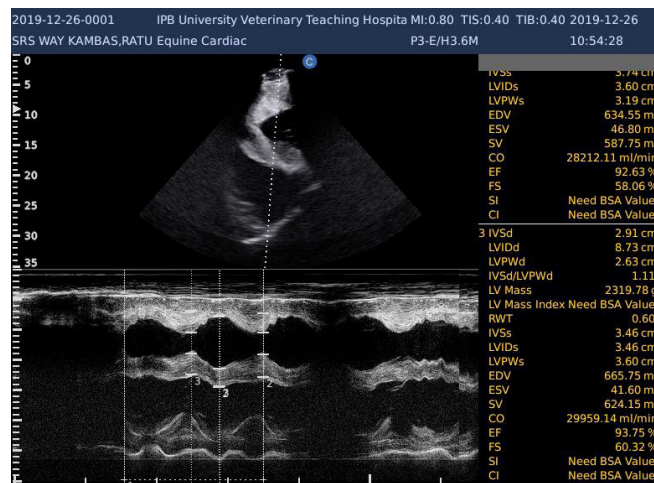
Gambar 10 Gambaran ekokardiografi *B-Mode* pada sudut pandang *left parasternal short axis*. Kedua ventrikel terlihat bulat dalam potongan transversal. LVW, *left ventricle wall*; LV, *left ventricle*; IVS, *inter ventricle septa*; RV, *right ventricle*; RVW, *right ventricle wall*.



Gambar 11 Gambaran ekokardiografi *B-Mode* pada sudut pandang *right parasternal long axis*. Kedua ventrikel dan atrium jantung terlihat dalam potongan longitudinal. APX, *apex*; LVW, *left ventricle wall*; LV, *left ventricle*; IVS, *inter ventricle septa*; MV, *mitral valve*; LA, *left atrium*; RV, *right ventricle*; RVW, *right ventricle wall*; TV, *tricuspidalis valve*; RA, *right atrium*.



Gambar 12 Gambaran ekokardiografi *B-Mode* pada sudut pandang *right apical*. *Five chamber* terdiri dari aorta dan keempat ruang jantung. LVW, *left ventricle wall*; LV, *left ventricle*; IVS, *inter ventricle septa*; MV, *mitral valve*; LA, *left atrium*; RV, *right ventricle*; RVW, *right ventricle wall*; TV, *tricuspidalis valve*; RA, *right atrium*; AO, aorta.



Gambar 13 Gambaran ekokardiografi *M-Mode* pada sudut pandang *left parasternal short axis*. Pengukuran jantung dengan *M-Mode* diulang sebanyak 3 kali.

Tabel 1 Hasil pemeriksaan fisik pada badak sumatera di *Sumatran Rhino Sanctuary*(SRS)

| No | Nama | Jenis Kelamin | Umur (tahun) | Berat (kg) | Suhu (°C) | Denyut jantung (kali per menit) | Frekuensi napas (kali per menit) |
|----|---------|---------------|--------------|------------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Bina | Betina | 39 | 725 | 36,8-37,2 | 48 | 16 |
| 2 | Ratu | Betina | 19 | 530 | 36,9-37,3 | 48 | 16 |
| 3 | Rosa | Betina | 19 | 635 | 36,7-37,3 | 44 | 14 |
| 4 | Delila | Betina | 3 | 630 | 36,7-37,2 | 48 | 20 |
| 5 | Andalas | Jantan | 19 | 788 | 36,6-37,2 | 50 | 22 |
| 6 | Harapan | Jantan | 13 | 805 | 36,7-37,2 | 42 | 16 |
| 7 | Andatu | Jantan | 7 | 622 | 36,7-37,3 | 44 | 16 |

Tabel 2. Hasil pengukuran dimensi jantung dengan *M-Mode* per individu badak Sumatera di *Sumatran Rhino Sanctuary* (SRS)

| Variabel | Hasil pengukuran individu (Rata-rata±SD) | | | | | | | | | | Rata-rata±SD | | | | |
|-----------------------------|--|---------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Bina | | Rosa | | Ratu | | Delila | | Harapan | | | Andatu | | Andalas | |
| | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Jantan | Jantan | | Jantan | Jantan | Jantan | Jantan |
| Jenis Kelamin | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Betina | Jantan | Jantan | Jantan | Jantan | Jantan | - |
| Denyut Jantung (kali/menit) | 52,88±2,96 | 48,65±0,00 | 46,64±3,56 | 49,08±1,85 | 50,47±2,80 | 49,58±2,61 | 50,83±8,58 | 49,73±1,95 | 49,73±1,95 | 50,83±8,58 | 49,58±2,61 | 50,83±8,58 | 49,73±1,95 | 50,83±8,58 | 49,73±1,95 |
| IVSd (cm) | 1,96±0,14 | 2,37±0,00 | 2,52±0,08 | 1,79±0,30 | 2,12±0,22 | 1,96±0,38 | 2,10±0,23 | 2,12±0,25 | 2,12±0,25 | 2,10±0,23 | 1,96±0,38 | 2,10±0,23 | 2,12±0,25 | 2,10±0,23 | 2,12±0,25 |
| LVIDd (cm) | 8,99±1,65 | 10,59±0,00 | 11,00±0,16 | 9,63±0,32 | 9,01±0,75 | 9,69±0,80 | 8,98±1,96 | 9,70±0,82 | 9,70±0,82 | 8,98±1,96 | 9,69±0,80 | 8,98±1,96 | 9,70±0,82 | 8,98±1,96 | 9,70±0,82 |
| LVPWd (cm) | 1,84±0,44 | 1,61±0,00 | 1,77±0,35 | 1,95±0,32 | 1,82±0,19 | 1,96±0,35 | 1,83±0,32 | 1,82±0,12 | 1,82±0,12 | 1,83±0,32 | 1,96±0,35 | 1,83±0,32 | 1,82±0,12 | 1,83±0,32 | 1,82±0,12 |
| IVSd /LVPWd | 1,12±0,23 | 1,48±0,00 | 1,47±0,12 | 0,94±0,33 | 1,19±0,19 | 1,01±0,20 | 1,19±0,31 | 1,20±0,21 | 1,20±0,21 | 1,19±0,31 | 1,01±0,20 | 1,19±0,31 | 1,20±0,21 | 1,19±0,31 | 1,20±0,21 |
| LV Mass (gram) | 1458,25±665,39 | 1972,65±0,00 | 2312,18±233,67 | 1593,44±137,35 | 1513,52±254,05 | 1697,03±515,75 | 1520,21±526,74 | 1723,90±311,45 | 1723,90±311,45 | 1520,21±526,74 | 1697,03±515,75 | 1520,21±526,74 | 1723,90±311,45 | 1520,21±526,74 | 1723,90±311,45 |
| RWT | 0,41±0,09 | 0,30±0,00 | 0,33±0,09 | 0,40±0,08 | 0,42±0,05 | 0,40±0,05 | 0,43±0,11 | 0,38±0,05 | 0,38±0,05 | 0,43±0,11 | 0,40±0,05 | 0,43±0,11 | 0,38±0,05 | 0,43±0,11 | 0,38±0,05 |
| IVSs (cm) | 3,07±0,31 | 2,71±0,00 | 3,39±0,63 | 2,75±0,27 | 2,59±0,59 | 2,75±0,30 | 2,54±0,26 | 2,83±0,3 | 2,83±0,3 | 2,54±0,26 | 2,75±0,30 | 2,54±0,26 | 2,83±0,3 | 2,54±0,26 | 2,83±0,3 |
| LVIDs (cm) | 4,86±1,34 | 6,93±0,00 | 6,50±0,63 | 5,45±0,37 | 4,42±0,38 | 5,04±1,14 | 4,66±1,61 | 5,41±0,96 | 5,41±0,96 | 4,66±1,61 | 5,04±1,14 | 4,66±1,61 | 5,41±0,96 | 4,66±1,61 | 5,41±0,96 |
| LVPWs (cm) | 3,14±0,24 | 2,85±0,00 | 3,10±0,85 | 3,14±0,14 | 3,73±0,44 | 3,46±0,70 | 3,53±0,49 | 3,28±0,3 | 3,28±0,3 | 3,53±0,49 | 3,46±0,70 | 3,53±0,49 | 3,28±0,3 | 3,53±0,49 | 3,28±0,3 |
| EDV (mL) | 727,52±449,11 | 1193,34±0,00 | 1345,42±37,78 | 903,61±79,29 | 778,78±272,39 | 925,31±232,5 | 794,83±384,89 | 952,69±231,36 | 952,69±231,36 | 794,83±384,89 | 925,31±232,5 | 794,83±384,89 | 952,69±231,36 | 794,83±384,89 | 952,69±231,36 |
| ESV (mL) | 118,03±161,47 | 335,83±0,00 | 290,31±31,53 | 175,88±29,07 | 106,08±56,72 | 143,67±91,58 | 127,82±78,75 | 185,38±90,93 | 185,38±90,93 | 127,82±78,75 | 143,67±91,58 | 127,82±78,75 | 185,38±90,93 | 127,82±78,75 | 185,38±90,93 |
| SV (mL) | 609,49±292,10 | 857,52±0,00 | 1055,11±18,22 | 727,73±104,97 | 672,69±277,76 | 781,64±181,28 | 667,01±306,84 | 767,31±150,92 | 767,31±150,92 | 667,01±306,84 | 781,64±181,28 | 667,01±306,84 | 767,31±150,92 | 667,01±306,84 | 767,31±150,92 |
| CO (mL/menit) | 30177,50±17525,78 | 44590,91±0,00 | 54163,09±874,37 | 36386,38±5248,17 | 33634,5±14443,61 | 39081,78±9064,10 | 33350,14±15341,97 | 38769,19±8222,88 | 38769,19±8222,88 | 33350,14±15341,97 | 39081,78±9064,10 | 33350,14±15341,97 | 38769,19±8222,88 | 33350,14±15341,97 | 38769,19±8222,88 |
| EF (%) | 83,66±4,15 | 71,88±0,00 | 77,71±4,04 | 81,35±5,55 | 87,91±6,50 | 85,11±7,64 | 86,02±5,93 | 81,95±5,55 | 81,95±5,55 | 86,02±5,93 | 85,11±7,64 | 86,02±5,93 | 81,95±5,55 | 86,02±5,93 | 81,95±5,55 |
| FS (%) | 33,48±3,78 | 34,38±12,97 | 53,46±6,38 | 43,86±5,95 | 34,53±2,19 | 42,77±6,88 | 51,26±9,75 | 41,96±8,24 | 41,96±8,24 | 51,26±9,75 | 42,77±6,88 | 51,26±9,75 | 41,96±8,24 | 51,26±9,75 | 41,96±8,24 |

Keterangan: SD, standar deviasi; IVSd, inter ventricle septal distance; LVIDd, left ventricular internal dimension in diastole; LVPWd, left ventricular posterior wall dimensions; LV Mass, berat ventrikel kiri; RWT, relative wall thickness; IVSs, interventricular septum thickness at end-systole; LVIDs, left ventricular internal dimension in systole; LVPWs, left ventricular posterior wall thickness in systole; EDV, end diastolic volume; ESV, end systolic volume; SV, stroke volume; CO, cardiac output; EF, ejection fraction; FS, fractional shortening.

Tabel 3 Hasil pengukuran dimensi jantung dengan *M-Mode* per jenis kelamin pada badak Sumatera di *Sumatran Rhino Sanctuary* (SRS)

| Variabel | Hasil pengukuran per jenis kelamin (Rata-rata±SD) | | Rata-rata±SD |
|------------------------------|---|-------------------|------------------|
| | Jantan | Betina | |
| Denyut Jantung (kali /menit) | 50,29±0,64 | 49,31±2,61 | 49,73±1,95 |
| IVSd (cm) | 2,06±0,09 | 2,16±0,34 | 2,12±0,25 |
| LVIDd (cm) | 9,23±0,40 | 10,05±0,91 | 9,70±0,82 |
| LVPWd (cm) | 1,87±0,08 | 1,79±0,14 | 1,82±0,12 |
| IVSd /LVPWd | 1,13±0,10 | 1,25±0,27 | 1,20±0,21 |
| LV Mass (gram) | 1576,92±104,07 | 1834,13±385,98 | 1723,90±311,45 |
| RWT | 0,42±0,02 | 0,36±0,05 | 0,38±0,05 |
| IVSs (cm) | 2,63±0,11 | 2,98±0,32 | 2,83±0,3 |
| LVIDs (cm) | 4,71±0,31 | 5,94±0,95 | 5,41±0,96 |
| LVPWs (cm) | 3,57±0,14 | 3,06±0,14 | 3,28±0,3 |
| EDV (mL) | 832±80,37 | 1042,47±278,70 | 952,69±231,36 |
| ESV (mL) | 125,86±18,87 | 230,01±100,50 | 185,38±90,93 |
| SV (mL) | 707,11±64,60 | 812,46±190,86 | 767,31±150,92 |
| CO (mL/menit) | 35355,47±3230,21 | 41329,47±10394,54 | 38769,19±8222,88 |
| EF (%) | 86,35±1,43 | 78,65±5,14 | 81,95±5,55 |
| FS (%) | 42,85±8,37 | 41,30±9,37 | 41,96±8,24 |

Keterangan: SD, standart deviation; IVSd, *inter ventricle septal distance*; LVIDd, *left ventricular internal dimension in diastole*; LVPWd, *left ventricular posterior wall dimensions*; LV Mass, berat ventrikel kiri; RWT, *relative wall thickness*; IVSs, *interventricular septum thickness at end-systole*; LVIDs, *left ventricular internal dimension in systole*; LVPWs, *left ventricular posterior wall thickness in systole*; EDV, *end diastolic volume*; ESV, *end systolic volume*; SV, *stroke volume*; CO, *cardiac output*; EF, *ejection fraction*; FS, *fractional shortening*.

Tabel 4 Korelasi antara parameter ekokardiografi, berat badan dan frekuensi denyut jantung pada badak Sumatera di *Sumatran Rhino Sanctuary* (SRS)

| | CO | EDV | EF | ESV | SV | FS | Berat Badan | Frekuensi Denyut Jantung |
|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------------------------|
| IVSd | 0,17 | 0,12 | -0,04 | 0,15 | 0,09 | 0,07 | -0,13 | 0,03 |
| IVSd/LVPWd | 0,58 | 0,79* | 0,26 | 0,67 | 0,76* | -0,20 | 0,68 | -0,65 |
| IVSs | -0,16 | -0,24 | 0,04 | -0,19 | -0,24 | 0,08 | -0,52 | 0,33 |
| LV Mass | 0,43 | 0,41 | -0,13 | 0,38 | 0,37 | -0,09 | -0,03 | -0,23 |
| LVIDd | 0,84* | 0,99** | -0,33 | 0,82* | 0,96** | -0,41 | 0,57 | -0,87* |
| LVIDs | 0,94** | 0,8* | -0,85* | 0,99** | 0,57 | -0,86* | 0,65 | -0,84* |
| LVPWd | -0,24 | -0,35 | 0,25 | -0,32 | -0,32 | 0,30 | -0,57 | 0,45 |
| LVPWs | -0,34 | -0,25 | 0,62 | -0,47 | -0,08 | 0,65 | -0,41 | 0,37 |
| RWT | -0,47 | 0,69 | 0,18 | -0,52 | 0,7 | 0,26 | -0,6 | 0,65 |
| Berat Badan | 0,64 | 0,65 | -0,46 | 0,68 | 0,53 | -0,37 | 1,00 | - |
| Frekuensi Denyut Jantung | -0,93** | -0,9** | 0,54 | -0,85* | -0,8 | 0,61 | - | 1,00 |

Keterangan: Signifikansi dari koefisien korelasi: *P<0,05; **P<0,01. IVSd, *inter ventricle septal distance*; LVIDd, *left ventricular internal dimension in diastole*; LVPWd, *left ventricular posterior wall dimensions*; LV Mass, *berat ventrikel kiri*; RWT, *relative wall thickness*; IVSs, *interventricular septum thickness at end-systole*; LVIDs, *left ventricular internal dimension in systole*; LVPWs, *left ventricular posterior wall thickness in systole*; EDV, *end diastolic volume*; ESV, *end systolic volume*; SV, *stroke volume*; CO, *cardiac output*; EF, *ejection fraction*; FS, *fractional shortening*.

Posisi badak harus berdiri tegak pada keempat kaki. Hal ini berbeda dengan ekokardiografi pada unta yang dapat dilakukan pada posisi duduk atau rebah samping/*lateral recumbency* untuk menjamin keamanan operator (Tharwat *et al.*, 2012). Posisi rebah/*recumbency* pada badak tidak direkomendasikan karena memberikan risiko terhadap kejadian miopati maupun neuropati (Miller dan Fowler, 2012).

Selama pemeriksaan berlangsung, kerjasama antara perawat satwa dan operator USG sangat diperlukan agar badak tetap dalam kondisi tenang dengan pergerakan yang minimal. Badak meskipun memiliki kulit yang tebal, satwa ini cukup sensitif terhadap sentuhan. Pemberian *ultrasound gel* pertama kali dapat dilakukan oleh perawat satwa agar badak terbiasa dengan sentuhan manusia. Pergerakan pada badak akibat *stress* membuat ekokardiografi pada badak sulit dilakukan dan gambaran ekokardiografi menjadi kurang jelas. Kecemasan atau kegelisahan dapat juga memengaruhi gambaran ruang jantung dan pembuluh darah pada saat ekokardiografi dilakukan pada kerbau (El-Khodery *et al.*, 2010). Oleh karena itu, pemeriksaan ekokardiografi dilakukan setelah badak terbiasa dengan sentuhan dan dalam kondisi tenang. Badak juga diberikan umpan pakan berupa buah, daun dan ranting selama pemeriksaan oleh perawat satwa. Jumlah pakan yang diberikan adalah sekitar 1% dari bobot badan badak agar badak merasa nyaman selama prosedur dilakukan.

Jantung badak berada pada *intercostae* ke-3, 4, dan 5 berdasarkan pemeriksaan auskultasi. Kaki depan kiri atau kanan harus ditarik ke depan agar operator USG dapat menjangkau celah *intercostae* ke-3, 4 dan 5. Teknik ekokardiografi ini juga dilakukan pada unta (Tharwat *et al.*, 2012), kerbau (Torad *et al.*, 2017; Acorda dan Pilapil, 2008) dan kuda (Huesler *et al.*, 2016). Tantangan dalam ekokardiografi badak sumatera adalah perototan yang tebal dan celah *intercostae* yang sempit. Hal ini sama dengan tantangan pada ekokardiografi kerbau (Acorda dan Pilapil, 2008, El-Khodery *et al.*, 2010) yang memiliki celah sempit dan memengaruhi gambaran ruang jantung dan pembuluh darah pada saat ekokardiografi.

Pemeriksaan jantung dengan USG baru dilakukan pertama kali pada badak sumatera sehingga ekokardiografi pada penelitian ini dilakukan dari semua sudut pandang. Gambaran ekokardiografi pada badak sumatera paling jelas didapatkan dari sudut pandang LPS pada *intercostae* ke-3 dan ke-4 baik gambaran *long*

axis maupun *short axis* sehingga ekokardiografi pada badak direkomendasikan untuk dilakukan dari sudut pandang ini. Sudut pandang yang digunakan dan gambaran ekokardiografi yang dihasilkan tersebut sama dengan ekokardiografi pada unta (Tharwat *et al.*, 2012), kuda (Huesler *et al.*, 2016), dan kerbau besar (Torad *et al.*, 2017). Gambaran ekokardiografi tidak didapatkan dari *intercostae* ke-5 pada badak. Hal ini berbeda dengan gambaran ekokardiografi pada sapi yang didapatkan dari kedua sisi thoraks (Braun *et al.*, 2001). Gambaran *four chamber* pada kerbau hanya didapatkan ketika transduser diletakkan pada *intercostae* ke-4 dari sisi kanan dan *intercostae* ke-5 dari sisi kiri (Torad *et al.*, 2017).

Gambaran ekokardiografi dari sisi kanan thoraks pada badak lebih sulit didapatkan sehingga hanya satu gambaran ekokardiografi dari sudut pandang RPS *long axis* yang berhasil didapatkan dari tujuh badak sumatera. Hal ini berbeda dengan ekokardiografi pada kerbau kecil dengan bobot badan kurang dari 400 kg yang didapatkan dari sisi kanan thoraks dan memberikan gambaran struktur jantung yang jelas (Torad *et al.*, 2017). Gambaran ekokardiografi dari sudut pandang RPS *short axis* pada badak tidak didapatkan karena letak jantung yang jauh dari transduser. Hal ini sama dengan gambaran ekokardiografi dari sudut pandang *short axis* pada unta yang cukup sulit didapatkan karena hiperekogenisitas dari pleura dan keterbatasan ruang *intercostae* (Tharwat *et al.*, 2012).

Gambaran ekokardiografi yang didapatkan dari sudut pandang LPS *long axis* dan RPS *long axis* berupa gambaran jantung *four chamber*. Bagian jantung yang tampak jelas pada *four chamber* adalah empat ruang jantung (atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri) dan kedua katup jantung (katup mitral, katup trikuspidalis) pada posisi longitudinal. Gambaran ekokardiografi yang didapatkan dari sudut pandang LPS *short axis* merupakan gambaran dari kedua ventrikel secara transversal. Gambaran ekokardiografi berupa *five chamber* (empat ruang jantung dan aorta) terlihat jelas pada badak dari sudut pandang RAP maupun LAP pada *intercostae* ke-3 dan ke-4. Sudut kemiringan transduser pada posisi ini harus disesuaikan untuk mendapatkan gambaran *five chamber* yang jelas karena terdapat organ hati di bagian kanan. Hal ini serupa dengan prosedur yang dilakukan pada kerbau, namun hanya dari sudut pandang LAP (Torad *et al.*,

2017). Gambaran aorta pada unta yang jelas bisa didapatkan dari sudut pandang RPS pada *intercostae* ke-4 (Tharwat *et al.*, 2012).

Ekogenitas struktur jantung badak sumatera secara umum sama dengan kerbau (Torad *et al.*, 2017), sapi (Hallowell *et al.*, 2007) dan unta (Tharwat *et al.*, 2012). Dinding atrium, dinding ventrikel, *inter ventricle septa*, *musculus papilaris* dan katup terlihat *hypoechoic* berwarna abu-abu dan homogen. Aorta dan empat ruang jantung terlihat *anechoic* berwarna hitam dan homogen. *Ossa cordis* yang biasa ditemukan pada hewan besar (Best *et al.*, 2022) dengan ekogenitas *hyperechoic* tidak ditemukan pada badak sumatera dalam penelitian ini.

Dimensi jantung badak sumatera didapatkan berdasarkan pengukuran jantung dengan *M-Mode* (Tabel 2). Badak sumatera memiliki IVSd $2,12 \pm 0,25$ cm; LVIDd $9,70 \pm 0,82$ cm; LVPWd $1,82 \pm 0,12$ cm; IVSd/LVPWd $1,20 \pm 0,21$ cm; bobot ventrikel kiri $1723,90 \pm 311,45$ g; RWT $0,38 \pm 0,05$; IVSs $2,83 \pm 0,3$ cm; LVIDs $5,41 \pm 0,96$ cm; LVPWs $3,28 \pm 0,3$ cm. Beberapa nilai dimensi jantung badak sumatera lebih besar dibandingkan hasil pengukuran pada kerbau besar dengan IVSd ($1,86 \pm 0,21$ cm) dan IVSs ($2,59 \pm 0,24$ cm) (Torad *et al.*, 2017) serta sapi *Crossbred Holstein Friesian* untuk IVSd ($1,88 \pm 0,06$ cm); LVIDd ($7,35 \pm 0,14$ cm); LVIDs ($4,37 \pm 0,12$ cm); LVPWd ($1,76 \pm 0,06$ cm) (Singh *et al.*, 2020). Indeks fungsi jantung pada badak sumatera adalah EDV $952,69 \pm 231,36$ mL; ESV $185,38 \pm 90,93$ mL; SV $767,31 \pm 150,92$ mL; CO $38769,19 \pm 8222,88$ mL/menit; EF $81,95 \pm 5,55\%$; FS $41,96 \pm 8,24\%$. Beberapa indeks fungsi jantung pada badak sumatera lebih besar dibandingkan pada kerbau besar dengan FS $39,36 \pm 2,82\%$ dan EF $69,05 \pm 3,72$ serta pada sapi *Crossbred Holstein Friesian* dengan FS $40,68 \pm 1,2\%$. Nilai dimensi dan fungsi jantung badak sumatera bahkan jauh lebih besar dibandingkan jerapah dengan EDV 521 ± 61 mL; SV 293 ± 42 mL; EF $55,8 \pm 3,6\%$; CO 16082 ± 2544 mL/menit (Smerup *et al.*, 2016). Hal ini disebabkan jantung jerapah memiliki ventrikel yang tebal dengan lumen ventrikel kiri sempit dan meningkatkan tekanan dinding ventrikel sehingga menghasilkan CO yang rendah (Smerup *et al.*, 2016). Namun, beberapa nilai dimensi jantung badak sumatera lebih kecil jika dibandingkan kuda *warmblood* dengan IVSd $3,0 \pm 0,3$ cm; LVIDd $11,1 \pm 0,2$ cm; IVSs $4,4 \pm 0,4$ cm; LVIDs $6,7 \pm 0,8$ cm; dan RWT $0,51 \pm 0,05$ (Huesler *et al.*, 2016). Hal ini disebabkan badak sumatera memiliki aktivitas

yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kuda yang sering mendapatkan latihan fisik maupun digunakan untuk berpacu. *Endurance training* pada kuda memiliki efek terhadap perubahan dimensi jantung yang merupakan hasil adaptasi dari pelatihan (Trachsel *et al.*, 2016). Kuda yang berpacu secara teratur memiliki nilai LVIDd dan bobot ventrikel kiri yang lebih besar dibandingkan kuda yang tidak berpacu (Buhl *et al.*, 2005).

Badak sumatera yang diteliti di SRS berumur cukup bervariasi yaitu 3 hingga 39 tahun dengan kisaran bobot badan 530-805 kg. Kisaran bobot badan tersebut sesuai dengan kisaran bobot badan badak sumatera yaitu 600-800 kg (Miller dan Fowler, 2012). Terdapat dua badak muda yaitu badak yang bernama Andatu (7 tahun) dan Delila (3 tahun). Satu badak baru masuk usia pubertas, yaitu 7-8 tahun (Miller dan Fowler, 2012), dan satu ekor badak betina yang berusia 3 tahun, sedangkan sisanya sudah berumur dewasa. Hasil pengukuran ekokardiografi pada badak sumatera tidak menunjukkan perbedaan signifikan dari segi umur. Sebagian besar dimensi atrium kiri dan ventrikel kiri pada kuda meningkat sesuai dengan pertambahan umur, namun tidak dengan fungsi ventrikel kiri (Trachsel *et al.*, 2016). Hanya diameter internal aorta dan arteri pulmonalis pada kuda yang secara signifikan dipengaruhi oleh umur (Al-Haidar *et al.*, 2013).

Variabel IVSd/LVPWd berdasarkan uji *outlier univariate*, menunjukkan adanya *outlier* pada data, sedangkan variabel lain menunjukkan sebaran normal. Uji lanjut menunjukkan bahwa nilai IVSd/LVPWd dari badak yang dinamai Harapan merupakan *outlier* (kondisi di luar nilai normal dari badak lain). Hal ini kemungkinan disebabkan nilai IVSd badak yang bernama Harapan yang lebih besar apabila dibandingkan badak lain. Nilai IVSd yang tinggi dapat dipengaruhi oleh latihan atau aktivitas fisik seperti pada kuda yang terlatih (Ribeiro *et al.*, 2023) maupun kuda pacu (Amory *et al.*, 2010). Rataan hasil pengukuran dimensi jantung badak sumatera tidak berbeda nyata antara jantan dan betina ($P > 0,05$) (Tabel 3). Begitu pula halnya jenis kelamin tidak berpengaruh terhadap hasil ekokardiografi pada keledai (Farg dan Ibrahim, 2020). Pengukuran dimensi jantung dengan ekokardiografi pada kuda juga dipengaruhi secara signifikan oleh bobot badan dan ras. Namun, bukan jenis kelamin (Al-Haidar *et al.*, 2017). Kuda jantan memiliki hasil pengukuran

ventrikel yang lebih besar dibandingkan kuda betina (Fintl *et al.*, 2020). Ketebalan dinding *interventricular*, atrium kanan, dan kiri lebih besar pada kerbau betina dibandingkan kerbau jantan (Bhasin *et al.*, 2017).

Korelasi kuat ($P < 0,05$ dan $P < 0,01$ pada Tabel 4) positif maupun negatif terlihat antar dimensi dan fungsi jantung pada badak sumatera. Peningkatan nilai LVIDd dan LVIDs dapat menyebabkan peningkatan CO, EDV, ESV, SV, sedangkan EF dan detak jantung cenderung menurun. Hubungan antar dimensi jantung dengan bobot badan pada badak memiliki korelasi yang lemah pada penelitian ini. Hubungan antar hasil pengukuran ekokardiografi dan bobot badan sebaliknya, lebih kuat dibandingkan hubungan antar hasil pengukuran ekokardiografi dengan umur pada kuda (Pinar dan Sancak, 2018). Hasil pengukuran pada atrium kiri kuda juga terbukti memiliki hubungan yang kuat terhadap bobot badan (Huesler *et al.*, 2016). Hanya *end-systolic left atrial*, *end systolic* dan *end-diastolic left ventricular*, *end-diastolic pulmonary artery* dan *end-systolic aortic diameters* pada kuda friesian (*Friesian horses*) yang dipengaruhi secara signifikan oleh bobot badan (Kovacs dan Bakos, 2019). Hubungan yang kuat juga ditunjukkan pada bobot badan dan dimensi jantung pada kerbau jika seluruh hasil ekokardiografi dibandingkan bersama, tetapi tidak pada kerbau yang masih dalam satu grup (Torad *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Teknik pemeriksaan ekokardiografi transthoraks pada badak sumatera dapat dilakukan pada posisi berdiri tegak pada keempat kaki dan dalam kondisi sadar. Gambaran ekokardiografi pada badak sumatera paling jelas didapatkan dari sudut pandang LPS pada sela iga/*intercostae* ke-3 dan ke-4 baik gambaran *long axis* maupun *short axis* sehingga ekokardiografi pada badak sumatera direkomendasikan untuk dilakukan dari sudut pandang ini. Gambaran ekokardiografi yang didapatkan dari sudut pandang LPS *long axis* dan RPS *long axis* berupa gambaran jantung *four chamber* (atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri), sedangkan gambaran ekokardiografi berupa *five chamber* (empat ruang jantung dan aorta) didapatkan dari sudut pandang RAp dan LAp. Dimensi jantung badak sumatera adalah IVSd $2,12 \pm 0,25$ cm; LVIDd $9,70 \pm 0,82$ cm; LVPWd $1,82 \pm 0,12$ cm;

IVSd/LVPWd $1,20 \pm 0,21$ cm; bobot ventrikel kiri $1723,90 \pm 311,45$ g; RWT $0,38 \pm 0,05$; IVSs $2,83 \pm 0,3$ cm; LVIDs $5,41 \pm 0,96$ cm; LVPWs $3,28 \pm 0,30$ cm; EDV $952,69 \pm 231,36$ mL; ESV $185,38 \pm 90,93$ mL; SV $767,31 \pm 150,92$ mL; CO $38769,19 \pm 8222,88$ mL/menit; EF $81,95 \pm 5,55\%$; FS $41,96 \pm 8,24\%$.

SARAN

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan terhadap bagian jantung dan aorta secara detail serta pencitraan *Color Flow Doppler* untuk melengkapi data dimensi jantung badak sumatera.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Badak Indonesia, Suaka Rhino Sumatera (SRS), Taman Nasional Way Kambas Lampung, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan atas izin dan kerjasama yang diberikan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Acorda JA, Pilapil FMIR. 2008. B-Mode and M-Mode ultrasonography of the heart in female buffaloes (*Bubalus Bubalis*). *Philippine Journal of Veterinary Medicine* 45: 7-13.
- Al-Haidar A, Farnir F, Deleuze S, Sandersen CF, Leroux AA, Borde L, Cerri S, Amory H. 2013. Effect of breed, sex, age and body weight on echocardiography measurements in the equine species. *Research Veterinary Science* 95(1): 255-260. [diakses 2021 Jul 30]. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.02.014>.
- Al-Haidar A, Moula N, Leroux A, Farnir F, Deleuze S, Sandersen C, Amory H. 2017. Reference value of two-dimensional and M-mode echocardiographic measurements as a function of body size in various equine breeds and in ponies. *Journal of Veterinary Cardiology* 19(6): 492-501.
- Amory H, Votion DM, Fraipont, Goachet AG, Robert C, Farnir F, Van Erck E. 2010. Altered systolic left ventricular function in horses completing a long distance endurance race. *Equine Veterinary Journal* 42(38): 216-219. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00253.x

- Best A, Egerbacher M, Swaine S, Pérez W, Alibhai A, Rutland P, Kubale V, El-Gendy SAA, Alsafy MAM, Baiker K, Sturrock CJ, Rutland CS. 2022. Anatomy, histology, development and functions of Ossa cordis: A review. *Anatomy Histology Embryology*. 51: 683–695. Doi: 10.1111/ahel.12861
- Bhasin H, Gupta A, Mohindroo J, Bansal N, Uppal V. 2017. Gross biometric and ultrasonographic studies on the buffalo heart. *Ruminant Science* 6(1): 47-50.
- Braun U, Schweizer T, Pusterla N. 2001. Echocardiography of the normal bovine heart: technique and ultrasonographic appearance. *Veterinary Record*. 148: 47-51.
- Buhl R, Ersbøll AK, Eriksen L, Koch J. 2005. Changes over time in echocardiographic measurements in young Standardbred racehorses undergoing training and racing and association with racing performance. *Journal of American Veterinary Medicine Association* 226(11): 1881-1887.
- El-Khodery SA, Nassif MN, Hassan HY. 2010. Two dimension echocardiography in normal buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Journal of Applied Animimals Research* 37: 57-61 Doi: 10.1080/09712119.2010.9707094.
- Ellis S, Talukdar B. 2020. *Dicerorhinus sumatrensis*, sumatran rhinoceros. The IUCN Red List of Threatened Species. [diakses 2020 Feb 29]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20202.RLTS.T6553A184.93355.en>.
- Erdoğan S, Lima M, Pérez W. 2013. Inner ventricular structures and valves of the heart in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). *Anatomy Science International*. Doi: 10.1007/s12565-013-0199-5.
- Farag AMM, Ibrahim HMM. 2020. Reference value and repeatability of B-Mode and M-Mode echocardiographic parameters in healthy donker (*Equus asinus*) - The guide to assess healthy heart. *Journal of Equine Veterinary Science* 88: 1-8 [diakses 2020 Feb 29]. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102929>.
- Fintl C, Kronveit R, Risberg A, Hanche-Olsen S, Slack J. 2020. Two dimensional, M-Mode and left atrial velocity echocardiographic measurements in healthy Norwegian-Swedish Coldblooded Trotters. *Journal of Veterinary Cardiology*. 29: 60-73.
- Gazi MA, Makhdoomi DM, Abbas HY, Parrah JD, Ganai AM, Dar SH, Moulv BA. 2015. Advances of echocardiography in equine practice-A review. *Journal of Veterinary Science Technology* 6: 3. Doi: 10.4172/2157-7579.1000228.
- Goossens B, Salgado-Lynn M, Rovie-Ryan JJ, Ahmad AH, Payne J, Zainuddin ZZ, Nathan SKSS, Ambu LN. 2013. Genetics and the last stand of the Sumatran rhinoceros *Dicerorhinus sumatrensis*. *Fauna & Flora International, Oryx*. doi:10.1017/S0030605313000045 .
- Hallowell G, Potter TJ, Bowen IM. 2007. Methods and normal values for echocardiography in adult dairy cattle. *Journal of Veterinary Cardiology*. 9: 91-98.
- Huesler IM, Mitchell KJ, Schwarzwald CC. 2016. Echocardiographic assessment of left atrial size and function in warmblood horses: Reference intervals, allometric scaling, and agreement of different echocardiographic variables. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 30: 1241-1252.
- [IRF] International Rhino Foundation. 2019. Rhino species: Sumatran rhino. [diakses 2021 Jul 9]. <https://rhinos.org/about-rhinos/rhino-species/sumatran-rhino/>.
- Kovacs S, Bakos Z. 2019. Two-dimensional and M-mode echocardiographic measurements of cardiac dimensions in healthy, adult Friesian horses. *Equine Veterinary Journal* 51: 18-18 https://doi.org/10.1111/evj.27_13152
- Miller RE, Fowler ME. 2012. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. Volume 8. California (US). Elsevier. Hlm. 538-547.
- Nardelli F. 2014. The last chance for the Sumatran rhinoceros?. *Pachyderm*. 55: 43-53.
- Pinar O, Sancak AA. 2018. Effects of different heart dimension on race performance in Thoroughbred race horses. *Acta Science Veterinary* 46: 1586.
- Ribeiro PF, Pizzi GLBL, Silva PM, Cavalcanti GA de O, Bruhn FRP, Costa PPC, França RT, Holz, de Godoy RF, Martins CF. 2023. Cardiovascular training adaptations in Criollo breed horses: biochemical markers and morphofunctional parameters. *Comparative Exercise Physiology*

- [diakses 2023 Jan 24]. <https://doi.org/10.1163/17552559-20230018>
- Singh CK, Singh N, Singh T, Singh P, Mohindroo J, Mahajan SK. 2020. Clinical study on short axis M-Mode echocardiography in Crossbred Holstein Friesian Cows. *Indian Journal of Animal Research* 54(2): 249-253. Doi: 10.18805/ijar.B.3762
- Smerup M, Damkjær M, Brøndum E, Baandrup UT, Kristiansen SB, Nygaard H, Funder J, Aalkjær C, Sauer C, Buchanan R, Bertelsen MF, Østergaard K, Grøndahl C, Candy G, Hasenkam JM, Secher NH, Bie P, dan Wang T. 2016. The thick left ventricular wall of the giraffe heart normalises wall tension, but limits stroke volume and cardiac output. *Journal of Experimental Biology* 219: 457-463. Doi: 10.1242/jeb.132753.
- Tharwat M, Al-Sobayi F, Ali A, Buczinski S. 2012. Echocardiography of the normal camel (*Camelus dromedaries*) heart: technique and cardiac dimensions. *BMC Veterinary Research* 8: 130.
- Torad FA, Amer MS, Shamaa AA, Elsherpieny EA. 2017. Echocardiographic measurements and indices in normal adult buffalo (*Bubalus bubalis*). *Journal of Applied Science* 45(1): 336-341. Doi: 10.1080/09712119.2016.1190733.
- Trachsel DS, Giraudet A, Maso D, Hervé G, Hauri D, Barrey E, Robert C. 2016. Relationship between body dimensions, body weight, age, gender, breed and echocardiographic dimensions in young endurance horses. *BMC Veterinary Research*, 12(226). [diakses 2021 Jul 30]. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0846-x>.
- Wyss F, Wenker C, Robert N, Clauss M, von Houwald F. 2012. Why do Greater one-horned rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*) die? An evaluation of necropsy reports. *Prosiding*. International Conference on Disease of Zoo and Wild Animals. Bussulengo/Verona, Italia: 16-19 Mei 2012. Hlm. 54-61.
- [YABI]. Yayasan Badak Indonesia. 2015. Sumatran Rhino Sanctuary (SRS). [diakses 2020 Feb 29]. www.badak.or.id/sumatran-rhino-sanctuary-srs.