

## **BRIGHTNESS-MODE EKO KARDIOGRAFI DOMBA JAWA JANTAN EKOR TIPIS**

### ***Brightness-Mode Echocardiography of the Male Javanese Thin-tailed Sheep***

**Mokhamad Fakhrol Ulum<sup>1,2</sup>, Nur Fitri Utami<sup>3</sup>, Nindya Dwi Utami<sup>3</sup>, dan Deni Noviana<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Klinik, Reproduksi dan Patologi Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Bogor

<sup>2</sup>Rumah Sakit Hewan Pendidikan Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Bogor

<sup>3</sup>Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Bogor

E-mail: ulum@ipb.ac.id

#### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mencitrakan jantung domba jawa ekor tipis (DET) secara ekokardiografi. Domba ekor tipis jantan sebanyak lima ekor dengan berat 14-16 kg berumur 10-12 bulan digunakan dalam penelitian ini. Domba dipegang dan dibaringkan pada meja khusus tanpa sedasi ataupun pembiusan. Organ jantung domba dicitrakan menggunakan ultrasonografi *brightness-mode* (B-mode). Transduser cembung dengan frekuensi 2,5-4 MHz digunakan untuk mencitrakan jantung pada posisi *right parasternal* (RPS) view dan *left parasternal* (LPS) view dengan posisi *long axis* (LAX) dan *short axis* (SAX). Hasil pencitraan ekokardiografi menunjukkan bahwa bagian-bagian dari organ jantung yang tersusun atas cairan terkesan *anechoic*, sedangkan bagian yang tersusun atas jaringan lunak terkesan *hypoechoic* dengan derajat ekogenisitas yang bervariasi. Bagian-bagian struktur jantung dapat dibedakan menurut ruang jantung atrium kanan, ventrikel kanan, atrium kiri dan ventrikel kiri. Bagian-bagian jantung yang dapat dicitrakan seperti septa jantung, otot papilaris, katup jantung semilunaris, katup jantung mitralis, katup jantung trikuspidalis, pembuluh darah vena paru-paru dan aorta. Ekokardiografi B-mode pada organ jantung domba jawa ekor tipis dapat mencitrakan dengan baik struktur ruang, otot, katup dan pembuluh darah besar dengan derajat ekogenisitas yang bervariasi.

Kata kunci: ekokardiografi, jantung, domba jawa ekor tipis jantan

#### **ABSTRACT**

*The present work was carried out to evaluate the cardiac of Javanese thin-tailed (JTT) sheep using echocardiography method. For this purpose, five Javanese thin-tail sheep with 14-16 kg in body weight and 10-12 months old were used. The sheep were handled and restrained manually without sedation or anesthesia. Convex transducers with 2.5-4.0 MHz were used for evaluation of cardiac in right parasternal (RPS) view and left parasternal (LPS) view with long axis (LAX) and short axis (SAX). The results showed that cardiac organs were filled by fluid clearly appearance as anechoic and cardiac organ showed as hypoechoic with variation of echogenicity based on soft tissue compartments. Further, cardiac organ structure can be differentiated using ultrasound evaluation i.e. right atrium, right ventricle, left atrium, and left ventricle. Furthermore, cardiac organ compartments also can be imaged i.e. interventricular septum, papillary muscle, semilunar valve, tricuspidalis valve, mitral valve, pulmonary vein and aorta. B-mode echocardiography in the cardiac organ of Javanese thin-tailed sheep can be imaged with good architecture, muscle, valves, and major blood vessels with varying degrees of echogenicity.*

Key words: echocardiography, cardiac, male Javanese thin-tailed sheep

#### **PENDAHULUAN**

Domba selain diternakkan untuk budidaya ataupun penggemukan, menghasilkan daging, susu, kulit, dan produk lainnya, juga digunakan dalam berbagai penelitian biomedis sebagai hewan model untuk manusia. Bidang penelitian yang menggunakan domba sebagai hewan model seperti bidang farmakologi (Upton, 2008), imunologi (Berger *et al.*, 2007), sel punca (Gandolfi *et al.*, 2011), ortopedik (Ulum *et al.*, 2014; Ulum *et al.*, 2015), dan penyakit jantung (Abraham dan Abraham, 2009). Pencitraan organ jantung pada hewan dapat dilakukan secara ultrasonografi atau disebut dengan ekokardiografi (Schmidt *et al.*, 2001). Ekokardiografi dapat dilakukan secara 2 dimensi dengan *brightness-mode* (B-mode) ultrasonografi (Noviana *et al.*, 2012). Secara ekokardiografi, anatomi jantung domba memiliki struktur yang sama dengan jantung manusia (Locatelli *et al.*, 2011). Pencitraan ekokardiografi organ jantung dari berbagai jenis domba telah dilaporkan diantaranya adalah ruang jantung (Li *et al.*, 2004), katup mitral (Tamura *et al.*, 2000), katup trikuspidalis (Jouan *et al.*, 2007), otot jantung (Hashimoto *et al.*, 2005), dan percabangan aorta (Lansac *et al.*, 2005).

Pencitraan ekokardiografi perkembangan jantung domba pedaging betina umur 100 hari hingga 12 bulan dalam kondisi disedasi telah dipublikasikan oleh Poser *et al.* (2013). Meskipun domba ekor tipis merupakan salah satu ternak yang mudah diperoleh hampir di seluruh wilayah di Indonesia (Sodiq dan Tawfik, 2004), akan tetapi, hingga saat ini belum ada data ekokardiografi organ jantung domba jantan jawa ekor tipis. Penelitian ini bertujuan untuk mencitrakan jantung domba jawa ekor tipis jantan secara B-mode ekokardiografi sebagai data dasar untuk penelitian lebih lanjut khususnya pada sistem kardiovaskular.

#### **MATERI DAN METODE**

Penelitian ini menggunakan domba jawa ekor tipis sebanyak 5 ekor, berjenis kelamin jantan, berumur 10-12 bulan dengan berat badan 14-16 kg. Pencitraan dilakukan menggunakan *portable* ultrasonografi (SonoDop® S6-X, PT Karindo Alkesteron, Indonesia) dengan transduser cembung berfrekuensi 2,5-4 MHz. Domba dipegang secara langsung dan dibaringkan (*parasternal*) pada posisi yang nyaman di atas meja khusus untuk pemeriksaan ekokardiografi tanpa menggunakan sedasi atau pembiusan (Gambar 1).

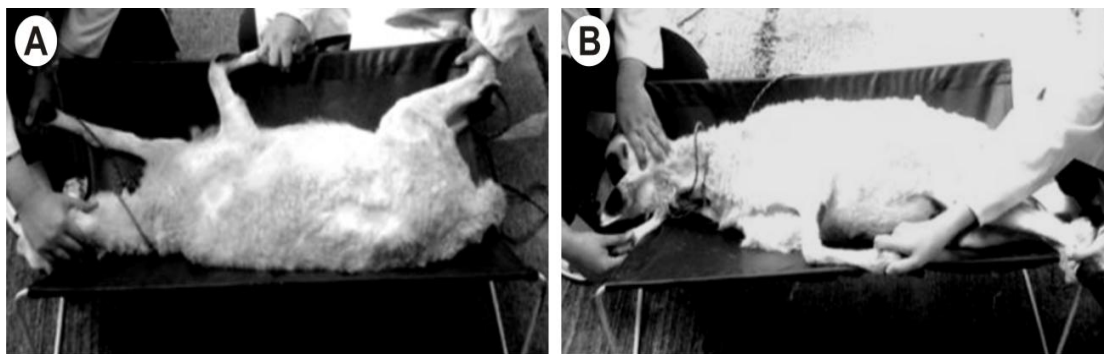
Pencitraan dilakukan menggunakan transduser dengan gel *ultrasound* yang diposisikan pada kulit di atas tulang olekranon pada daerah ketiak (*axilla*) ruang *intercostae* ke-4 atau ke-5 (Hallowell *et al.*, 2012). Setelah dibaringkan, salah satu kaki depan bagian bawah ditarik ke arah kepala untuk membebaskan daerah pencitraan dari tulang dan otot bahu. Pemeriksaan ekokardiografi dilakukan dari bawah meja yang secara khusus diberikan lubang untuk mengakses daerah pencitraan (Gambar 2). Interpretasi citra yang terbentuk dilakukan saat itu juga (*real time*) pada masing-masing posisi berbaring ke kanan dan berbaring ke kiri (Penninck dan d’Anjou, 2008). Pemeriksaan jantung dilakukan pada sudut pandang *right parasternal view* (RPS) dan *left parasternal view* (LPS) dengan posisi *long axis* (LAX) dan *short axis* (SAX) (Nanda *et al.*, 2004; Penninck dan d’Anjou, 2008). Sonogram disimpan dalam bentuk gambar digital untuk dianalisis lebih lanjut.

Secara ilustrasi teknik pencitraan dapat dilakukan dengan memotong organ jantung pada berbagai sudut pandang (Gambar 2A). Pemeriksaan SAX dilakukan dengan mencitrakan secara melintang organ jantung baik dari apeks ataupun basis jantung (Gambar 2B).

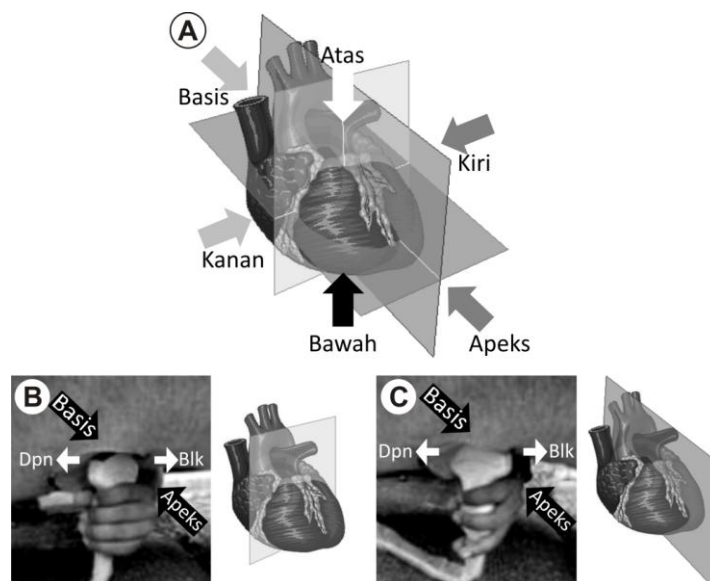
Berikut juga pada pemeriksaan LAX dilakukan dengan mencitrakan secara memanjang sejajar dengan sumbu organ jantung (Gambar 2C).

**Pencitraan Ekokardiografi**

Sudut pandang RPS pada jantung didapatkan dengan hewan berada dalam posisi berbaring ke kanan, sedangkan sudut pandang LPS pada jantung didapatkan dengan hewan berada dalam posisi berbaring ke kiri. Teknik pemeriksaan jantung pada sumbu SAX, transduser diposisikan dengan arah transversal terhadap sumbu memanjang organ jantung. Perubahan sudut transduser atau dengan menggerakkan transduser pada sumbu pencitraan baik dari apeks ke basis ataupun sebaliknya dapat mencitrakan berbagai bagian dari jantung (Gambar 2B). Sedangkan untuk teknik pemeriksaan jantung dengan posisi LAX, transduser pada posisi sebelumnya diposisikan dengan arah sejajar terhadap sumbu memanjang jantung. Perubahan sudut transduser pada sumbu pencitraan baik dari atas ke bawah, kanan ke kiri, ataupun sebaliknya dapat mencitrakan berbagai bagian dari jantung (Gambar 2C).



**Gambar 1.** Teknik penanganan dan pengendalian domba untuk pencitraan ultrasonografi. A= Posisi domba berbaring ke arah kiri untuk pemeriksaan *left parasternal* (LPS) *long axis* (LAX) dan *short axis* (SAX). B= Posisi domba berbaring ke arah kanan untuk pemeriksaan *right parasternal* (RPS) *long axis* (LAX) dan *short axis* (SAX).



**Gambar 2.** Ilustrasi teknik pencitraan ultrasonografi organ jantung modifikasi Nanda *et al.* (2004) dan Penninck & d’Anjou (2008). A= Sudut pandang pencitraan dengan berbagai sudut potongan, B= Pemeriksaan *short axis view* (SAX), C= Pemeriksaan *long axis view* (LAX), Basis= Basis jantung, Apeks= Apeks jantung, Dpn= Bagian depan domba, Blk= Bagian belakang domba

**Analisis Data**

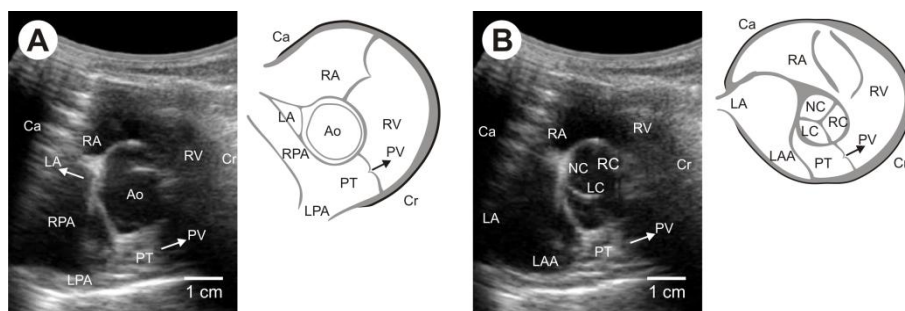
Data pencitraan organ jantung dilaporkan secara deskriptif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

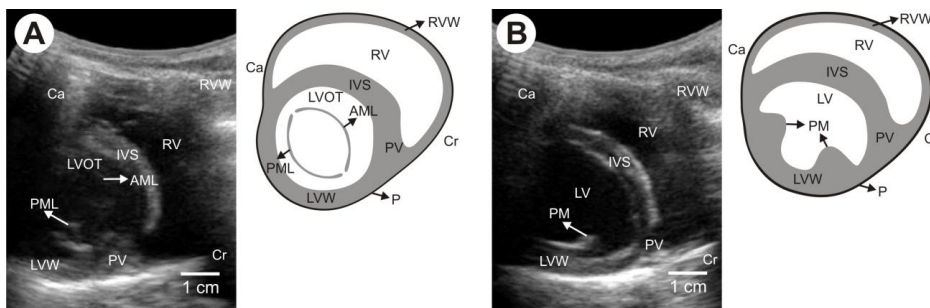
Penelitian ini mendemonstrasikan teknik pencitraan ekokardiografi pada domba jawa ekor tipis. Pencitraan organ jantung secara kuantitatif dan kualitatif dapat dilakukan dengan ekokardiografi (Schmidt *et al.*, 2001). Ekokardiografi mencitrakan jaringan dan struktur jantung dengan memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi (Noviana *et al.*, 2012). Ekokardiografi telah lama digunakan untuk mengevaluasi status kesehatan jantung baik pada hewan maupun pada manusia (Abraham dan Abraham, 2009).

Pemahaman terhadap sifat fisik dari *ultrasound* penting untuk melakukan pemeriksaan ekokardiografi dan menginterpretasikan hasil yang didapat (Willerson *et al.*, 2007). Pencitraan ekokardiografi pada umumnya menghasilkan gambar berwarna hitam atau disebut *anechoic* dengan komposisi cairan seperti darah, komposisi jaringan lunak seperti otot dan jaringan ikat tampak berwarna abu-abu atau *hypoechoic*, dan komposisi udara seperti paru-paru atau jaringan keras seperti tulang rusuk terlihat berwarna putih atau *hyperechoic* (Noviana *et al.*, 2012).

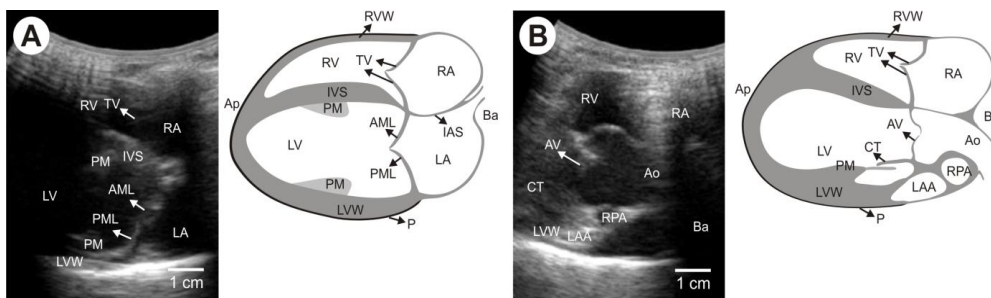
Struktur anatomi organ jantung domba memiliki kesamaan dengan jantung manusia sehingga dapat digunakan sebagai hewan model (Locatelli *et al.*, 2011). Jantung dalam rongga dada secara alami berada pada posisi miring dimana bagian basis



**Gambar 3.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *right parasternal short axis (RPS-SAx) view*. A= Potongan pada daerah *pulmonary trunk*, B= Potongan pada aorta, RV= *Right ventricle*, RA= *Right atrium*, LA= *Left atrium*, PV= *Pulmonic valve*, Ao= *Aorta*, RPA= *Right main pulmonary artery*, LPA= *Left main pulmonary artery*, NC= *Katup semilunar aorta bagian noncoronary*, RC= *Right coronary*, LC= *Left coronary*, PT= *Pulmonary trunk*, LAA= *Left atrium appendage*, Ca= *Belakang jantung*, Cr= *Depan jantung*. Bar= 1 cm



**Gambar 4.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *right parasternal short axis (RPS-SAx) view*. A= Potongan pada daerah katup mitralis, B= Potongan pada ventrikel kiri, LVOT= *Left ventricular outflow tract*, AML= *Anterior mitral valve leaflet*, PML= *Posterior mitral valve leaflet*, LVW= *Left ventricle wall*, RVW= *Right ventricle wall*, RV= *Right ventricle*, IVS= *Interventricle septum*, LV= *Left ventricle*, P= *Pericardium*, PM= *Papillary muscle*, Ca= *Belakang jantung*, Cr= *Depan jantung*. Bar= 1 cm



**Gambar 5.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *right parasternal long axis (RPS-LAx) view*. A= Potongan dengan empat kamar jantung, B= Potongan dengan ventrikel kiri pada *outflow tract* bagian *noncoronary* dari katup aorta, IVS= *Interventricle septum*, IAS= *Interatrial septum*, AML= *Anterior mitral valve leaflet*, PML= *Posterior mitral valve leaflet*, AV= *Aorta valve*, NC= *Katup semilunar aorta bagian noncoronar*, LVW= *Left ventricle wall*, RVW= *Right ventricle wall*, RV= *Right ventricle*, LV= *Left ventricle*, RA= *Right atrium*, LA= *Left atrium*, TV= *Tricuspidalis valve*, CT= *Chordae tendinae*, PM= *Papillary muscle*, RPA= *Right pulmonary artery*, LAA= *Left atrium appendage*, P= *Pericardium*, Ap= *Apical*, Ba= *Basis*. Bar= 1 cm

jantung berada pada posisi kranial (depan) sebelah kiri dan bagian apeks jantung berada pada posisi kaudal (belakang) sebelah kanan (Cunningham, 2002). Pendekatan pencitraan dilakukan menurut posisi jantung dimana citra bagian basis jantung dapat dilakukan pada pemancaran gelombang suara ke arah depan. Sebaliknya, pencitraan bagian apeks jantung diarahkan ke arah belakang. Secara skematis teknik pencitraan ekokardiografi sebagaimana pada Gambar 2. Berdasarkan struktur anatomi, jantung domba pada umumnya terdiri atas empat ruang, yaitu 2 ruang atrium kiri dan kanan dan 2 ruang ventrikel kiri dan kanan. Jantung kiri dan jantung kanan dipisahkan oleh dua sekat, yaitu septum *intra-atrial* yang memisahkan atrium kiri dan kanan, dan septum intraventrikular yang memisahkan ventrikel kiri dan kanan (Crimando, 1999). Jantung memiliki 4 buah katup, yaitu 2 katup atrioventrikular dan 2 katup semilunar. Katup atrioventrikular terdiri atas katup mitral/bikuspidalis yang terletak antara atrium dan ventrikel kiri, dan katup trikuspidal yang terletak antara atrium dan ventrikel kanan. Katup semilunar terdiri atas katup semilunar pulmonal (berbentuk setengah bulan) yang menghubungkan ventrikel kanan dengan paru-paru, dan katup semilunar aorta yang menghubungkan antara ventrikel kiri dengan aorta. Katup semilunar pulmonal berfungsi mencegah darah mengalir kembali dari arteri pulmonalis ke ventrikel kanan, sedangkan katup semilunar berfungsi mencegah darah mengalir kembali dari aorta ke ventrikel kiri. Kedua katup semilunar ini memiliki tiga titik semilunar (Cunningham, 2002).

#### **Citra Right Parasternal (RPS) View ekokardiografi**

Sonogram jantung domba pada sudut pandang *right parasternal short axis (RPS-SAx) view* sebagaimana pada Gambar 3 dan 4. Bagian jantung yang berisi darah terlihat *anechoic* berwarna hitam, perototan jantung tampak *hypoechoic* berwarna abu-abu dan perikardium yang berbatasan langsung dengan paru-paru tampak *hyperechoic* berwarna putih. Potongan sudut pandang daerah percabangan pembuluh darah paru-paru, ruangan jantung yang dapat terlihat adalah *right ventricle (RV)*, *right atrium (RA)*, dan *left atrium (LA)* dengan derajat *anechoic*, *pulmonary valve (PV)* terlihat dalam keadaan terbuka, bagian lain yang dapat terlihat adalah aorta (Ao), *right main pulmonary artery (RPA)*, dan *left main pulmonary artery (LPA)* (Gambar 3A), sedangkan potongan sudut pandang pada daerah aorta terlihat katup semilunar aorta bagian *noncoronary (NC)*, *right coronary (RC)*, dan *left coronary (LC)* jelas terlihat (Gambar 3B).

Pencitraan pada daerah katup mitralis, tampak katup mitral terlihat terbuka lebar pada saat aliran darah menuju ke ventrikel kiri. Bagian lain yang dapat terlihat, yaitu *left ventricular outflow tract (LVOT)*, *anterior mitral valve leaflet (AML)*, *posterior mitral valve leaflet (PML)* (Gambar 4A), sedangkan potongan pada ventrikel kiri, terlihat *pericardium (P)* dengan derajat *hyperechoic* (Gambar 4B). *Papillary muscle*

(PM) yang berfungsi untuk menggerakkan katup mitralis dapat terlihat pada potongan ini.

Sonogram jantung domba pada sudut pandang *right parasternal long axis (RPS-LAx) view* sebagaimana pada Gambar 5. Pencitraan jantung dengan empat kamar jantung terlihat jelas dengan dinding pembatas antar ruang, yaitu *interventricular septum (IVS)* dan *interatrial septum (IAS)*, terlihat pula *tricuspidalis valve (TV)* (Gambar 5A), sedangkan potongan dengan ventrikel kiri pada *outflow tract*, bagian NC dari katup aorta terlihat dengan jelas (Gambar 5B). Pada Gambar 5B tersebut, aliran darah keluar dari ventrikel kiri ke aorta. Terlihat pula *chordae tendinae (CT)* yang merupakan serabut penyusun katup jantung, *left ventricle wall (LVW)* dan *right ventricle wall (RVW)*.

#### **Citra Left Parasternal (LPS) View**

Sonogram jantung domba pada sudut pandang *left parasternal long axis (LPS-LAx) view* sebagaimana pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Pencitraan pada aorta, terlihat bagian NC dan RC pada katup aorta (Gambar 6A), sedangkan potongan memanjang tampak *outflow* dari kedua bagian jantung kanan dan kiri terlihat (Gambar 6B).

Pencitraan jantung pada ventrikel kanan, hanya terlihat bagian ventrikel jantung yang dipisahkan oleh septum IVS dengan derajat *hypoechoic* (Gambar 7A), sedangkan potongan pada *appendage* atrium kanan juga tampak kedua ventrikel yang dipisahkan oleh septum intraventrikular. Atrium jantung kanan juga jelas terlihat (Gambar 7B).

Potongan citra jantung pada ventrikel kanan *outflow tract*, aliran darah keluar dari RV. Bagian NC, RC, dan LC mungkin dapat terlihat (Gambar 8A), sedangkan potongan pada *outflow-inflow*, kedua aliran darah baik yang keluar maupun masuk jantung bagian kanan, bersirkulasi dengan halus dan teratur (Gambar 8B). Bagian NC, RC, LC mungkin dapat terlihat. Potongan citra pada daerah *pulmonary trunk*. Terlihat bagian Ao, PV, dan RA (Gambar 8C).

Teknik pencitraan ekokardiografi ini dapat dilakukan pada hewan baik dalam posisi berdiri (Hallowell *et al.*, 2012) maupun berbaring (Locatelli *et al.*, 2011) dengan sedasi atau pembiusan maupun tanpa sedasi. Pencitraan ekokardiografi pada domba jawa ekor tipis pada penelitian ini dapat dengan mudah dilakukan dengan tanpa sedasi maupun pembiusan. Domba hanya dipegang dan diposisikan terbaring pada meja khusus. Meja khusus didesain dan dibuat dengan lubang dibagian alasnya untuk memudahkan pemeriksaan dan pergerakan sudut transduser selama pencitraan (Gambar 1 dan 2).

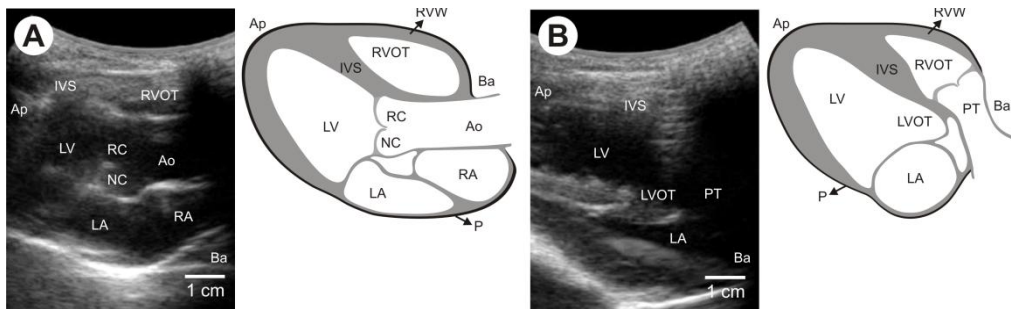
Citra ekokardiografi pada penelitian ini tidak dapat menghasilkan gambar organ jantung domba secara menyeluruh dalam setiap sonogram (Gambar 3-8). Hanya sebagian dari struktur jantung yang dapat terlihat dalam sonogram, sedangkan bagian lainnya tidak dapat dicitrakan dengan baik. Ukuran organ jantung domba yang lebih besar dari luasan daerah pencitraan transduser menjadi keterbatasan selama



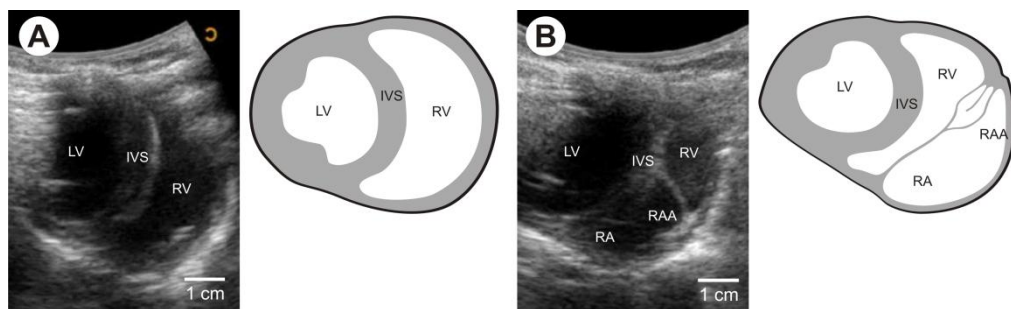
pencitraan. Willerson *et al.* (2007) melaporkan bahwa pencitraan ekokardiografi pada domba memiliki tantangan tersendiri, pencitraan secara transkutaneus pada celah sempit (*acoustic window*) di antara tulang rusuk dan paru-paru di samping sternum atau parasternal. Keadaan ini mengakibatkan sonogram tidak dapat mencitrakan secara penuh gambaran organ jantung, hanya sebagian saja yang dapat terlihat. Untuk mencitrakan secara penuh bagian-bagian organ jantung dapat dilakukan dengan menggeser sudut dan arah transduser pada saat pencitraan dilakukan pada titik *acoustic window* yang sama. Kesulitan ini biasa dijumpai saat melakukan pencitraan ekokardiografi pada kuda (Voros *et al.*, 1991), sapi (Yamaga & Too, 1997), kambing (Olsson *et al.*, 2001), dan domba Corriedale (Locatelli *et al.*, 2011).

Hewan model bagi manusia terbaik untuk organ jantung adalah hewan babi (Dixon dan Spinale, 2009; Suzuki *et al.*, 2011), meskipun demikian tidak menutup

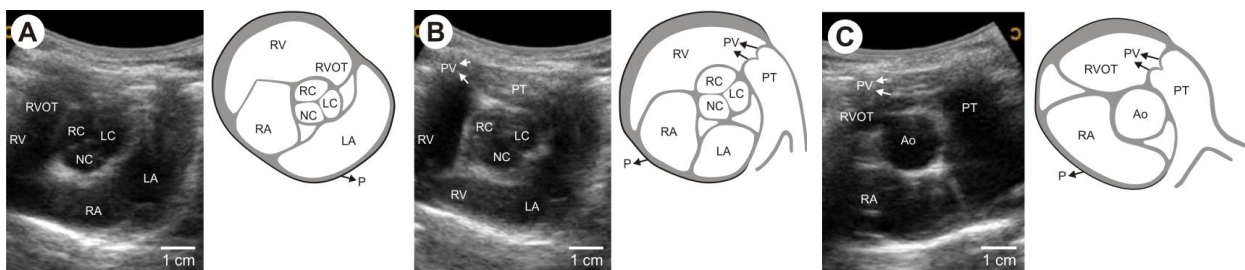
kemungkinan penggunaan domba sebagai hewan model substitusi sistem kardiovaskular. Domba sudah digunakan sebagai hewan model untuk penelitian khususnya yang berkaitan dengan berbagai penyakit kardiovaskular, seperti evaluasi ruang jantung (Li *et al.*, 2004), katup mitral (Tamura *et al.*, 2000), perkapuran katup mitral (Hodge *et al.*, 2004), katup trikuspidalis (Jouan *et al.*, 2007), otot jantung (Hashimoto *et al.*, 2005), regurgitasi aorta (Ishii *et al.*, 1998), percabangan aorta (Lansac *et al.*, 2005), regurgitasi mitral (Joudinaud *et al.*, 2005), regurgitasi arteri pulmonum (Mori *et al.*, 2002), pembebanan berlebih pada volume pompa jantung (Shiota *et al.*, 1998; Irvine *et al.*, 2001), gagal jantung (Borenstein *et al.*, 2006), emboli (Schmitto *et al.*, 2008), kardiomiopati (Byrne *et al.*, 2002) maupun persarafan jantung (Jardine *et al.*, 2002). Pencitraan B-mode ekokardiografi pada domba jawa ekor tipis penelitian ini dapat mencitrakan secara detail struktur organ jantungnya dengan baik. Bagian jantung



**Gambar 6.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *left parasternal long axis (LPS-LAx) view*. A= Potongan pada aorta, B= Potongan memanjang, Ao= Aorta, NC= Noncoronary, RC= Right coronary, LVOT= Left ventricular outflow tract, RVOT= Right ventricular outflow tract, LV= Left ventricle, LA= Left atrium, RA= Right atrium, IVS= Interventricle septum, PT= Pulmonary trunk, P= Pericardium. Bar= 1 cm.



**Gambar 7.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *left parasternal short axis (LPS-SAx) view*. A= Potongan pada ventrikel kanan, B= Potongan pada *appendage atrium kanan*, LV= Left ventricle, RV= Right ventricle, IVS= Interventricle septum, RA= Right atrium, RAA= Right atrium appendage. Bar= 1 cm.



**Gambar 8.** Sonogram jantung domba dengan sudut pandang *left parasternal short axis (LPS-LAx) view*. A= Potongan pada ventrikel kanan *outflow tract*, B= Potongan pada *outflow-inflow*, C= Potongan pada *pulmonary trunk*, RV= Ventrikel kanan, NC= Noncoronary, RC= Right coronary, LC= Left coronary, PV= Pulmonary valve, RA= Right atrium, LA= Left atrium, RV= Right ventricle, RVOT= Right ventricular outflow tract, PV= Pulmonary valve, PT= Pulmonary trunk, Ao= Aorta, P= Pericardium. Bar= 1 cm.

seperti ruang-ruang jantung, otot jantung, hingga katup-katup jantung (Gambar 3-8). Melalui pencitraan ekokardiografi dapat dilakukan monitoring atas berbagai perlakuan yang memanfaatkan organ jantung domba ekor tipis jawa sebagai objek utama dalam penelitian sebagai model untuk manusia.

### KESIMPULAN

Ekokardiografi B-mode pada organ jantung domba jawa ekor tipis dapat mencitrakan dengan baik struktur ruang, otot, katup, dan pembuluh darah besar dengan derajat ekogenisitas yang bervariasi. Citra ekokardiografi organ jantung domba jawa ekor tipis memiliki kesamaan dengan organ jantung manusia sehingga dapat dimanfaatkan sebagai hewan model untuk berbagai penelitian kardiovaskular di Indonesia.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Karindo Alkestron yang telah menyediakan peralatan *portable* ultrasonografi (SonoDop® S6-X) pada penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, J. and T.P. Abraham. 2009. The role of echocardiography in hemodynamic assessment in heart failure. **Heart Fail. Clin.** 5(2):191-208.
- Berger, S., J.P. Bannantine, and T.J.F. Griffin. 2007. Autoreactive antibodies are present in sheep with Johne's disease and cross-react with *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis antigens. **Microbes and Infection.** 9(8):963-970.
- Borenstein, N., P. Bruneval, L. Behr, F. Laborde, D. Montarras, J.P. Daures, G. Derumeaux, J.L. Pouchelon, and V. Chetboul. 2006. An ovine model of chronic heart failure: Echocardiographic and tissue Doppler imaging characterization. **J. Card. Surg.** 21(1):50-56.
- Byrne, M.J., J.S. Raman, C.A. Alferness, M.D. Esler, D.M. Kaye, and J.M. Power. 2002. An ovine model of tachycardia-induced degenerative dilated cardiomyopathy and heart failure with prolonged onset. **J. Card. Fail.** 8(2):108-115.
- Crimando, J. 1999. Sheep Hearth. <http://www.gwc.maricopa.edu/class/bio202/cyberheart/hartint0.htm>.
- Cunningham, J.G. 2002. **Textbook of Veterinary Physiology.** W.B. Saunders, USA.
- Dixon, J.A. and F.G. Spinale. 2009. Large animal models of heart failure: a critical link in the translation of basic science to clinical practice. **Circ. Heart Fail.** 2(3):262-271.
- Gandolfi, F., A. Vanelli, G. Pennarossa, M. Rahaman, F. Acocella, and T.A.L. Brevini. 2011. Large animal models for cardiac stem cell therapies. **Theriogenology.** 75(8):1416-1425.
- Hallowell, G.D., T.J. Potter, and I.M. Bowen. 2012. Reliability of quantitative echocardiography in adult sheep and goats. **BMC Vet. Res.** 8:181.
- Hashimoto, I., X. Li, A.H. Bhat, M. Jones, and D.J. Sahn. 2005. Quantitative assessment of regional peak myocardial acceleration during isovolumic contraction and relaxation times by tissue Doppler imaging. **Heart.** 91(6):811-816.
- Hodge, A.J., W.M. Neethling, and R. Glancy. 2004. Evaluation of stentless kangaroo aortic valves in the mitral position of juvenile sheep. **J. Heart Valve Dis.** 13(4):681-688.
- Irvine, T., G.D. Stetten, V. Sachdev, A.D. Zetts, M. Jones, Y. Mori, C. Ramsperger, J.B. Castellucci, A. Kenny, J.A. Panza, O.T. von Ramm, and D.J. Sahn. 2001. Quantification of aortic regurgitation by real-time 3-dimensional echocardiography in a chronic animal model: computation of aortic regurgitant volume as the difference between left and right ventricular stroke volumes. **J. Am. Soc. Echocardiogr.** 14(11):1112-1118.
- Ishii, M., M. Jones, T. Shiota, I. Yamada, B. Sinclair, R.S. Heinrich, A.P. Yoganathan, and D.J. Sahn. 1998. Temporal variability of vena contracta and jet areas with color Doppler in aortic regurgitation: A chronic animal model study. **J. Am. Soc. Echocardiogr.** 11(11):1064-1071.
- Jardine, D.L., C.J. Charles, I.C. Melton, C.N. May, M.D. Forrester, C.M. Frampton, S.I. Bennett, and H. Ikram. 2002. Continual recordings of cardiac sympathetic nerve activity in conscious sheep. **Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.** 282:H93-H99.
- Jouan, J., M.R. Pagel, M.E. Hiro, K.H. Lim, E. Lansac, and C.M. Duran. 2007. Further information from a sonometric study of the normal tricuspid valve annulus in sheep: geometric changes during the cardiac cycle. **J. Heart Valve Dis.** 16(5):511-518.
- Joudinaud, T.M., C.L. Kegel, A.A. Gabster, M.L. Sanz, A. MacDonald, D. Propp, E. Callaghan, P.A. Weber, U. Hvass, and C.M. Duran. 2005. An experimental method for the percutaneous induction of a posterolateral infarct and functional ischemic mitral regurgitation. **J. Heart Valve Dis.** 14(4):460-466.
- Lansac, E., H.S. Lim, Y. Shomura, K.H. Lim, N.T. Rice, W.A. Goetz, and C.M. Duran. 2005. Aortic root dynamics are asymmetric. **J. Heart Valve Dis.** 14(3):400-407.
- Li, X., M. Jones, T. Irvine, R.A. Rusk, Y. Mori, I. Hashimoto, O.T. Von Ramm, J. Li, A. Zetts, J. Pemberton, and D.J. Sahn. 2004. Real-time 3-dimensional echocardiography for quantification of the difference in left ventricular versus right ventricular stroke volume in a chronic animal model study: Improved results using C-scans for quantifying aortic regurgitation. **J. Am. Soc. Echocardiogr.** 17(8):870-875.
- Locatelli, P., F.D. Olea, A. De Lorenzi, F. Salmo, G.L. Vera-Janavel, A.P. Hnatiuk, E. Guevara, and A.J. Crottoni. 2011. Reference values for echocardiographic parameters and indexes of left ventricular function in healthy, young adult sheep used in translational research: Comparison with standardized values in humans. **Int. J. Clin. Exp. Med.** 4(4):258-264.
- Mori, Y., R.A. Rusk, M. Jones, X.N. Li, T. Irvine, A.D. Zetts, and D.J. Sahn. 2002. A new dynamic three-dimensional digital color Doppler method for quantification of pulmonary regurgitation: validation study in an animal model. **J. Am. Coll. Cardiol.** 40(6):1179-1185.
- Nanda, N.C., J. Kisslo, R. Lang, N. Pandian, T. Marwick, G. Shirali, and G. Kelly. 2004. Examination protocol for three-dimensional echocardiography. **Echocardiography.** 21:763-68.
- Noviana, D., S.H. Aliambar, M.F. Ulum, dan R. Siswandi. 2012. **Diagnosis Ultrasonografi pada Hewan Kecil.** IPB Press, Bogor.
- Olsson, K., A. Hansson, E. Hydring, L.W. von Walter, and J. Haggstrom. 2001. A serial study of heart function during pregnancy, lactation and the dry period in dairy goats using echocardiography. **Exp. Physiol.** 86(1):93-99.
- Penninck, D., M.-A. d'Anjou. 2008. **Atlas of small animal ultrasonography.** 1<sup>st</sup> ed. Blackwell Publishing, Iowa.
- Poser, H., L. Semplicini, G.M. De Benedictis, G. Gerardi, B. Contiero, N. Maschietto, E. Valerio, O. Milanese, A. Semplicini, and D. Bernardini. 2013. Two-dimensional, M-mode and Doppler-derived echocardiographic parameters in sedated healthy growing female sheep. **Lab. Anim.** 47(3):194-202.
- Schmidt, M.A., R.Z. Freidlin, C.J. Ohazama, M. Jones, J.M. Laurienzo, C.L. Brenneman, J.E. Norman, O.T. von Ramm, and J.A. Panza. 2001. Anatomic validation of a novel method for left ventricular volume and mass measurements with use of real-time 3-dimensional echocardiography. **J. Am. Soc. Echocardiogr.** 14(1):1-10.
- Schmitto, J.D., P. Ortmann, R. Wachter, E. Hintze, A.F. Popov, P. Kolat, O.J. Liakopoulos, R. Waldmann-Beushausen, H. Dorge, M. Grossmann, R. Seipelt, and F.A. Schondube. 2008. Chronic heart failure induced by multiple sequential coronary microembolization in sheep. **Int. J. Artif. Organs.** 31(4):348-353.
- Shiota, T., M. Jones, M. Chikada, C.E. Fleishman, J.B. Castellucci, B. Cotter, A.N. DeMaria, O.T. von Ramm, J. Kisslo, T. Ryan, and D.J. Sahn. 1998. Real-time three-dimensional echocardiography for determining right ventricular stroke volume in an animal

- model of chronic right ventricular volume overload. **Circulation**. 97(19):1897-1900.
- Sodiq, A. and E.S. Tawfik. 2004. Productivity and breeding strategies of sheep in Indonesia: A Review. **J. Agricult. Rural Developm. Tropics and Subtropics**. 105(1):71-82.
- Suzuki, Y., A.C. Yeung, and F. Ikeno. 2011. The representative porcine model for human cardiovascular disease. **J. Biomed. Biotechnol**. 2011: doi: 10.1155/2011/195483.
- Tamura, K., M. Jones, I. Yamada, and V.J. Ferrans. 2000. Wound healing in the mitral valve. **J. Heart Valve Dis**. 9(1):53-63.
- Ulum, M.F., A. Arafat, D. Noviana, A.H. Yusop, A.K. Nasution, M.R. Abdul Kadir, and H. Hermawan. 2014. In vitro and in vivo degradation evaluation of novel iron-bioceramic composites for bone implant applications. **Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl**. 36:336-344: doi:10.1016/j.msec.2013.12.022.
- Ulum, M.F., A.K. Nasution, A.H. Yusop, A. Arafat, M.R.A. Kadir, V. Juniantito, D. Noviana, and H. Hermawan. 2015. Evidences of *in vivo* bioactivity of Fe-bioceramic composites for temporary bone implants. **J. Biomed. Mater. Res. Part B**. 103B:1354-365: doi:10.1002/jbm.b.33315.
- Upton, R.N. 2008. Organ weights and blood flows of sheep and pig for physiological pharmacokinetic modelling. **J. Pharmacol. Toxicol. Methods**. 58(3):198-205.
- Voros, K., J.R. Holmes, and C. Gibbs. 1991. Measurement of cardiac dimensions with two-dimensional echocardiography in the living horse. **Equine Vet. J**. 23(6):461-465.
- Willerson, T., J.N. Cohn, H.J.J. Wellens, and D.R. Holmes. 2007. **Cardiovascular Medicine**. 3<sup>rd</sup> ed. Springer, USA.
- Yamaga, T. and K. Too. 1997. Diagnostic ultrasound imaging of vegetative valvular endocarditis in cattle. **Jap. J. Vet. Res**. 35:49-63.