

Tanggap Antibodi terhadap Capsid Virus Penyakit Jembrana setelah Vaksinasi Lapang Sapi Bali di Kabupaten Sarolangun, Jambi

(Antibody Response to Jembrana Disease Virus Capsid Following Field Vaccination of Bali Cattle in Sarolangun District, Jambi)

Ferry Ardiawan^{1,3}, Okti Nadia Poetri², Nur Khusni Hidayanto³, Ari Rumecko⁴, Dilas Pradana⁵,
Surachmi Setiyaningsih^{2*}

¹Program Studi Mikrobiologi Medik, Sekolah Pascasarjana Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor

²Divisi Mikrobiologi Medik, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis, Institut Pertanian Bogor

³Balai Besar Pengujian Mutu dan Sertifikasi Obat Hewan, Jl. Raya Pembangunan, Gunung Sindur, Bogor

⁴Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Sarolangun, Sarolangun Kembang, Sarolangun, Jambi

⁵Balai Besar Veteriner Denpasar, Jl. Raya Sesetan No. 266, Denpasar, Bali

*Penulis untuk korespondensi: surachmi@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Penyakit Jembrana (JD) adalah penyakit prioritas nasional yang disebabkan oleh infeksi lentivirus pada sapi Bali. Pemerintah merekomendasikan vaksinasi sebagai langkah penting pengendalian di wilayah endemis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dinamika respons antibodi dengan melakukan kajian kohort sejalan dengan program vaksinasi JD di Desa Pematang Kabau oleh Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Sarolangun. Sera dari 36 sapi Bali pendatang, yang menerima dua dosis vaksin JD-Vet® dengan selang waktu 30 hari, dikoleksi pada hari 0, 44, dan 90. Antibodi spesifik kapsid virus JD (JDV) diukur menggunakan metode ELISA. Sebelum vaksinasi, 88,89% sapi menunjukkan hasil seronegatif, sedangkan 11,11% menunjukkan seropositif yang menandakan adanya paparan JDV terdahulu. Tidak ada reaksi membahayakan yang diamati pada sapi yang divaksinasi. Vaksinasi menurunkan titer antibodi secara signifikan pada sapi seropositif. Sebaliknya, 71,87% sapi seronegatif menunjukkan respons positif, meskipun hanya 40,63% yang mencapai tingkat seroprotektif pada hari ke-44. Persentase ini menurun secara signifikan menjadi 15,63% pada hari ke-90, mengindikasikan durasi kekebalan yang relatif pendek. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan status kekebalan pravaxinasi dan menegakkan pengendalian lalu-lintas sapi Bali. Meskipun vaksin JD-Vet® terbukti aman, namun mempertahankan kadar antibodi yang tinggi masih menjadi tantangan. Kajian lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengoptimalkan strategi vaksinasi dan meningkatkan pengendalian JD pada sapi Bali.

Kata kunci: penyakit Jembrana, sapi Bali, vaksinasi, titer antibodi, durasi kekebalan

ABSTRACT

Jembrana Disease (JD) is a nationally prioritized disease caused by lentiviral infection in Bali cattle. Vaccination is recommended by the government as a crucial control measure in endemic areas. We conducted a cohort study in conjunction with the JD vaccination program in Pematang Kabau Village by the Livestock and Fisheries Service Office of Sarolangun District to assess antibody response dynamics. Sera from 36 incoming Bali cattle, administered two JD-Vet® vaccine doses at a 30-day interval, were collected on days 0, 44, and 90. Specific JDV capsid antibodies were quantified using ELISA. Before vaccination, 88.89% of cattle were seronegative, while 11.11% were seropositive, indicating previous JDV exposure. No adverse reactions were observed in vaccinated cattle. Vaccination significantly reduced antibody levels in seropositive cattle. Conversely, 71.87% of seronegative cattle exhibited a positive response, although only 40.63% achieved seroprotective levels by day 44. By day 90, this percentage declined to 15.63%, suggesting a relatively short duration of immunity. These findings highlight the importance of considering pre-vaccination immune status and implementing stringent control on Bali cattle movement. Although the JD-Vet® vaccine demonstrated safety, maintaining high-titer antibodies remains a challenge. Further research is necessary to optimize vaccination strategies and enhance JD control in Bali cattle.

Key words: Jembrana disease, vaccination, antibody titre, duration of immunity

PENDAHULUAN

Sapi Bali (*Bos javanicus* (d' Alton)) diminati oleh peternak karena memiliki beberapa keunggulan seperti tingkat kesuburan reproduksi yang baik dengan persentase beranak mencapai 85%, serta memiliki daya adaptasi tinggi terhadap lingkungan (Samberi et al., 2010). Populasi sapi Bali di Indonesia telah mencapai 20,6% dari total populasi sapi potong di Indonesia sebanyak 17.118.650 ekor serta telah menyebar di 34 provinsi ([Ditkeswan] Direktorat Kesehatan Hewan, 2015; 2019). Satu diantara permasalahan dalam budidaya sapi Bali adalah kerentanannya terhadap penyakit Jembrana (*Jembrana disease*, JD). Penyakit Jembrana merupakan penyakit menular yang disebabkan virus Jembrana (JDV), yang termasuk ke dalam famili *Retroviridae*, subfamili *Orthoretrovirinae*, dan genus *Lentivirus* (Chadwick et al., 1995; [ICTV] International Committee on Taxonomy of Viruses, 2016). Penyakit Jembrana merupakan penyakit immunosupresif akut pada sapi Bali dengan tingkat kematian sekitar 17%. Gejala klinis meliputi demam, lethargi, anoreksia, erosi mukosa mulut, pembesaran limfonodus superfisial, hipersalivasi, *discharge* hidung, diare berdarah, membran mukosa pucat, *discharge* serous kelenjar lacrimalis dan *blood sweating* yang secara eksperimental akan terlihat antara 4,5–12 hari post-infeksi dan bertahan selama 5–10 hari (Soesanto et al., 1990; Wilcox, 1995). Umumnya kematian terjadi dalam 1–2 minggu setelah infeksi (Kusumawati et al., 2015). Pada hewan yang sembuh, JDV masih dapat dideteksi dalam darah sampai 2 tahun setelah infeksi (Soeharsono et al., 1990).

Penyakit Jembrana pertama kali terjadi di Jembrana, Bali pada tahun 1964 dan selanjutnya penyakit ini menyebar ke pulau Sumatra (1976–1995), Banyuwangi, Jawa Timur (1978) dan Kalimantan seiring dengan lalu lintas sapi Bali ke pulau-pulau tersebut (Soeharsono, 1997). Dalam beberapa tahun terakhir, wabah JD terjadi kembali di wilayah Sumatra antara lain Bengkulu, Sumatra Utara, Sumatra Selatan, dan Sumatra Barat (Guntoro et al., 2018; Nasution et al., 2018; Siswanto et al., 2018; Helmi et al., 2019). Sejak pertengahan tahun 2017 sampai dengan awal 2018, ± 692 ekor sapi Bali di Kabupaten Sarolangun, Jambi terindikasi terinfeksi JDV berdasarkan pengamatan gejala klinis dan patologi anatomi (Supardi E 30 Agustus 2019; komunikasi pribadi).

Penyakit Jembrana masuk ke dalam daftar Penyakit Hewan Menular Strategis (PHMS) sejak 1998 berdasarkan Surat Keputusan Dirjen Peternakan No.103/TN.510/Kpts/DJP/03.98 yang diperkuat dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 121 Tahun 2023. Pencegahan dan pengendalian JD

dilakukan, antara lain, melalui vaksinasi yang telah menjadi prioritas nasional sejak tahun 2015 (Ditkeswan, 2015). Vaksinasi telah terbukti mampu mencegah kematian, mengurangi keparahan dan penularan penyakit melalui uji tantangan (Hartaningsih et al., 2001; Ditcham et al., 2009). *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) berbasis protein kapsid (Ca) rekombinan telah dikaji dan layak digunakan dalam diagnosis serologik maupun pengukuran titer antibodi pasca vaksinasi (Lewis, 2008; Agustini & Wisindie, 2015; Supriyadi, 2019). Meskipun demikian, publikasi ilmiah mengenai efektivitas vaksinasi di lapangan masih terbatas. Pemantauan serologi pascavaksinasi JD di Kalimantan Timur mendeteksi serokonversi pada 87% sapi yang divaksinasi, tetapi seropositif kuat (seroprotektif) hanya dicapai oleh kurang dari 3% sapi yang divaksinasi (Supriyadi et al., 2011). Sementara itu, survei di wilayah Sumatra mengidentifikasi sapi seroprotektif tidak lebih dari 1% (Balai Veteriner Bukittinggi, 2018). Kedua studi tersebut tentu saja belum cukup untuk mengevaluasi efektivitas vaksinasi JD di lapangan, eksplorasi lebih lanjut masih diperlukan. Oleh karena itu, kami melakukan kajian lapang skala kecil yang meliputi level antibodi pravaksinasi sampai dua bulan pascavaksinasi lengkap pada kelompok sapi Bali pendatang di Desa Pematang Kabau, Kecamatan Air Hitam, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Keamanan dan efektifitas vaksin JD dalam menggertak pembentukan antibodi spesifik, baik titer maupun durasinya, serta upaya meningkatkan potensi vaksin dibahas dalam kajian ini.

MATERI DAN METODE

Sapi Bali Kajian

Kajian dilakukan pada kelompok sapi bibit yang didatangkan dari luar Kabupaten Sarolangun ke Desa Pematang Kabau. Semua sapi pendatang hanya disertai Surat Keterangan Kesehatan Hewan (SKKH), tanpa dilengkapi dengan surat keterangan vaksinasi seperti yang dipersyaratkan dalam lalu-lintas sapi bibit. Mengingat kasus JD belum pernah dilaporkan di desa tersebut, pemda setempat menetapkan wajib vaksinasi bagi sapi pendatang. Namun demikian, vaksinasi JD baru dapat dilakukan 8 bulan setelah kedatangan sapi di lokasi dikarenakan terbatasnya ketersediaan vaksin. Seluruh kegiatan lapang dilaksanakan beriringan dengan pelaksanaan program vaksinasi JD oleh Pelayanan Kesehatan Hewan di Puskesmas Kecamatan Air Hitam, Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Sarolangun. Obyek kajian berjumlah 36 ekor sapi Bali berasal dari peternakan tradisional yang umumnya memelihara 1–5 ekor sapi.

Penelitian ini dilakukan seizin Komisi Etik Hewan Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat IPB (LPPM) IPB University dengan Nomor: 167 – 2019 IPB.

Profil Vaksin dan Proses Vaksinasi

Vaksin yang digunakan dalam penelitian ini adalah vaksin JD-Vet® (PUSVETMA; D.19035889VKC; Batch 02.19), yaitu vaksin inaktif yang disiapkan dari suspensi limpa sapi Bali yang diinfeksi eksperimental dengan strain JDV Tabanan/87. Virus diinaktivasi menggunakan Triton X-100 dan diemulsikan dalam *mineral oil adjuvant (Water-in-oil, W/O)* (Hartaningsih et al. 2001; Ditcham et al. 2009). Vaksin diberikan melalui injeksi intramuskular pada bagian tengah otot segitiga leher dengan dosis tunggal 3 ml; total dua dosis diberikan dengan rentang waktu satu bulan antar injeksi. Observasi terhadap sapi kajian dilakukan dengan inspeksi dan palpasi bersamaan dengan waktu injeksi pertama (H₀) dan kedua (H₃₀), kemudian dilanjutkan pada hari ke-44 (H₄₄) dan ke-90 (H₉₀), terhadap setiap reaksi lokal dan gejala klinis JD.

Koleksi Sampel Serum dan Pengujian Elisa

Sampel serum dikoleksi dari semua sapi kajian sesaat sebelum vaksinasi (H₀), dilanjutkan 2 minggu (H₄₄) dan 2 bulan (H₉₀) pascavaksinasi lengkap. Sampel darah disimpan pada suhu kamar, serum dipisahkan dari gumpalan darah melalui sentrifugasi dan disimpan pada suhu -80 °C sampai akan diuji. Sebagai kontrol, disertakan sera negatif dan positif JD yang merupakan serum referensi Balai Besar Veteriner (BBVet) Denpasar untuk pengujian ELISA JD. Semua sampel serum mendapat perlakuan pemanasan 56° C selama 30 menit. Serum uji dan serum kontrol negatif diencerkan 1:100, sedangkan serum kontrol positif diencerkan 1:100, 1:200 dan 1:400 dalam susu skim 5%.

Pengukuran titer antibodi spesifik JDV ditentukan dengan metode ELISA sesuai (Agustini & Wisindie 2015) dan dilakukan di BBVet Denpasar. Secara ringkas prosedur ELISA diawali dengan pelapisan plat dengan protein rekombinan JGag-6-histidine (ACIAR-BBVet Denpasar tahun 2009) yang dilarutkan dalam buffer karbonat/bikarbonat, sebanyak 50 ng/50 µL setiap sumuran. Setelah inkubasi 4 °C selama 24 jam, plat dicuci 3 kali dengan *phosphate buffer saline-tween-20* (PBST) 0,02%. Selanjutnya adalah tahap *blocking* menggunakan 50 µl larutan susu skim 5% dalam PBST, inkubasi 1 jam pada suhu ruang, dan 3 kali pencucian seperti di atas. Berikutnya, serum kontrol dan serum uji sebanyak 50 µl dimasukkan kedalam masing-masing sumuran sesuai dengan pola yang telah ditentukan dalam (Agustini & Wisindie 2015), kemudian plat

diinkubasi 37 °C selama 1 jam, diikuti dengan pencucian. Sebanyak 50 µl konjugat *Antibovine Ig G Horse Radish Peroxidase* (HRP) (SIGMA), yang diencerkan 1:1000 dalam PBST, ditambahkan ke dalam setiap sumuran, diinkubasi 37 °C selama 1 jam, dan dicuci. Segera setelah pencucian, 50 µl substrat HRP (Biorad) ditambahkan ke dalam semua sumuran, diikuti 2 menit diinkubasi pada suhu ruang, kemudian reaksi dihentikan dengan menambahkan 50 µl larutan asam oxalat 2%.

Absorbansi dibaca dengan ELISA reader (Biosan®) pada panjang gelombang 405 nm dan dinyatakan sebagai nilai *optical density* (OD). Kategori seropositif dibedakan menjadi seropositif lemah dan seropositif kuat menurut (Hartaningsih et al., 1994) dimana *cut-off* seropositif ditentukan berdasarkan OD serum kontrol negatif dan OD pengenceran tertinggi (1:400) kontrol positif (Lewis 2008; Supriyadi et al., 2011). Vaksinasi dianggap berhasil apabila mampu menginduksi titer seropositif kuat atau yang dikenal sebagai titer seroprotektif (Hartaningsih et al., 1994).

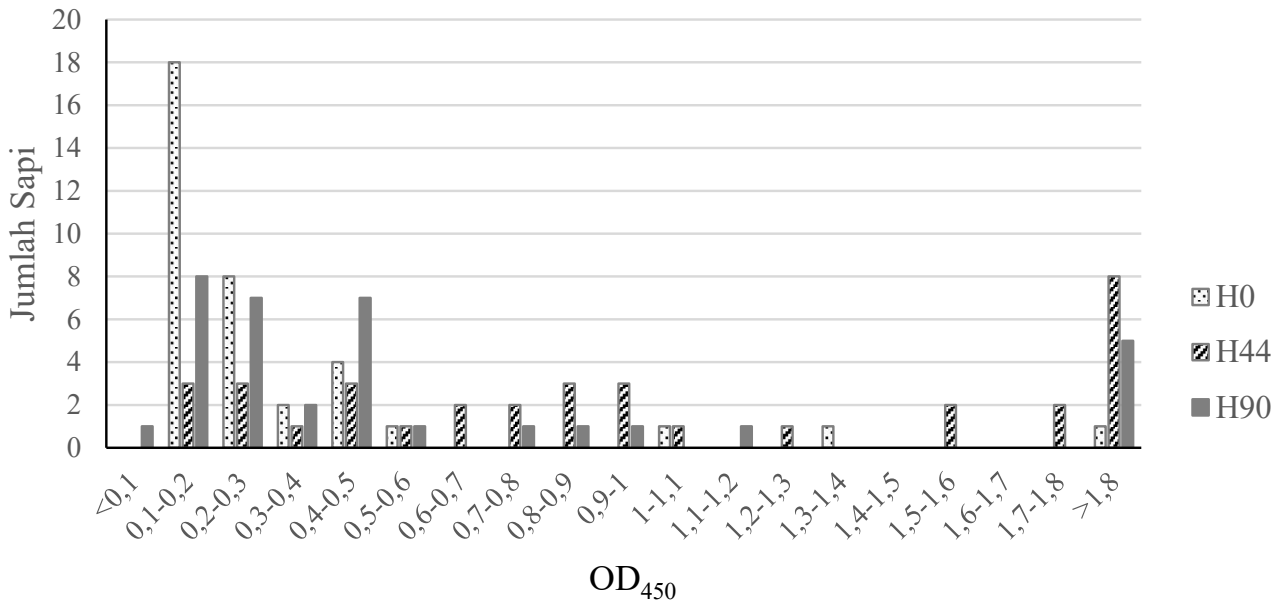
Analisis Data

Data titer antibodi JD dianalisis secara deskriptif dan menggunakan uji beda t berpasangan pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan *software SPSS.22 (SPSS.Inc, US)*.

HASIL

Observasi selama penelitian menunjukkan semua sapi tetap sehat. Kejadian ikutan pascavaksinasi, baik berupa reaksi lokal di tempat injeksi maupun tanda-tanda klinis penyakit JD tidak ditemukan. Gambaran dan dinamika sebaran titer antibodi spesifik terhadap kapsid JDV sebelum dan setelah vaksinasi ditampilkan pada Gambar 1. Pada pemeriksaan titer antibodi pravaksinasi, sebagian besar (32 ekor) sapi menunjukkan titer dibawah ambang positif, hanya empat ekor saja yang seropositif. Ketidaksimetrisan sebaran antibodi pravaksinasi pada sapi kajian tergambar dari nilai *skewness* yang mencapai 3,045 (Tabel 1). Berdasarkan nilai OD, 32 dari 36 ekor sapi kajian (88,89%) dinyatakan seronegatif; sementara 3 ekor menunjukkan seropositif kuat (8,33%) dan seekor (2,78%) lainnya seropositif lemah (Tabel 2).

Sebaran seropositifitas tersebut berubah pada 2 minggu pascavaksinasi lengkap (H₄₄), dimana presensi antibodi terdistribusi simetris (*skewness* mendekati 0) pada sebagian besar sapi (Gambar 1, Tabel 1). Sapi dengan status awal seropositif mengalami penurunan titer antibodi bertahap (3 ekor seropositif kuat dan 1 ekor seropositif lemah) dan menjadi seronegatif dua bulan setelah vaksinai (H₉₀) (Tabel 2). Sebaliknya,



Gambar 1 Sebaran titer antibodi terhadap protein capsid JDV yang diukur menggunakan ELISA. Ho = Hari sebelum vaksinasi; H44 = 14 hari setelah vaksinasi lengkap; H90 = 60 hari setelah vaksinasi lengkap.

Tabel 1 Analisis deskriptif titer antibodi sapi pendatang yang divaksinasi ditentukan dengan ELISA disetiap periode pengumpulan sera

Sapi	N	Periode	Rataan	STDEV	Median	Maks	Min	Skewness
Pendatang	36	Ho	0,324	0,354	0,202	1,809	0,100	3,045
	36	H44	1,083	0,715	0,893	2,279	0,102	0,308
	36	H90	0,606	0,641	0,371	2,340	0,095	1,731

Keterangan: Ho = Hari sebelum vaksinasi; H44 = 14 hari setelah vaksinasi lengkap; H90 = 60 hari setelah vaksinasi lengkap.

Tabel 2 Distribusi titer antibodi pada sapi yang divaksinasi berdasarkan kategori titer antibodi spesifik terhadap protein kapsid JDV

Sapi	N (Persentase)	Hari	Titer Antibodi (OD, kategori)						p-value
			$\leq 0,521$ (seronegatif)		0,522-1,161 (seropositif lemah)		$\geq 1,162$ (seropositif kuat)		
			n	%	n	%	n	%	
Pendatang Seropositif	4 (11,11%)	0	0	0,00	1	25,00	3	75,00	0,324 ^a
		44	2	50,00	1	25,00	1	25,00	0,045 ^b
		90	4	100,0	0	0,0	0	0,0	0,185 ^c
Pendatang Seronegatif	32 (88,89%)	0	32	100,00	0	0,00	0	0,00	0,000 ^a
		44	9	28,13	10	31,25	13	40,63	0,001 ^b
		90	23	71,87	4	12,50	5	15,63	0,001 ^c

^aNilai p mewakili perbedaan statistik antara Ho dan H44. ^bNilai p mewakili perbedaan statistik antara Ho dan H90. ^cNilai p mewakili perbedaan statistik antara H44 dan H90. Kategori seropositifitas ditentukan berdasarkan (Hartaningsih *et al.*, 1994)).

mayoritas sapi seronegatif pada H_0 (23/32;71,87%) mengalami serokonversi secara signifikan ($P < 0,05$); 40,63% masuk dalam kategori seropositif kuat dan 31,25% seropositif lemah (Tabel 2).

Pola distribusi dengan nilai *skewness* 0,38 yang dicapai pada dua minggu pascavaksinasi meningkat menjadi 1,731 pada dua bulan pascavaksinasi (Tabel 1). Penyebaran yang tidak merata ini ditimbulkan karena sebagian besar (27/36) sapi menjadi seronegatif. Titer seroprotektif menurun secara signifikan yang menyisakan 5 ekor sapi dari 9 ekor sapi seropositif.

PEMBAHASAN

Persyaratan teknis lalu lintas sapi Bali bibit dari daerah ada kasus menuju ke daerah ada kasus mencakup uji ELISA pravaksinasi dan pemberian vaksin dosis pertama dilakukan maksimal 1 bulan sebelum hewan dilalulintaskan, dilanjutkan dengan dosis kedua di daerah tujuan (Ditkeswan 2015). Dalam penelitian ini program vaksinasi baru dapat dilaksanakan 8 bulan setelah kedatangan sapi akibat kelangkaan vaksin JD di lapangan. Ditemukannya empat ekor (11,11%) sapi seropositif menandakan pernah adanya paparan JDV yang dapat diperoleh melalui infeksi alam ataupun vaksinasi. Kemungkinan antibodi muncul akibat vaksinasi di wilayah asal sangat kecil, mengingat antibodi yang induksi oleh vaksin inaktif pada sapi kemungkinan besar tidak akan bertahan sampai 8 bulan (Stevens *et al.* 2009). Sementara itu, peluang keterpaparan sapi-sapi tersebut terhadap JDV sebelum tiba di Sarolangun sangat mungkin terjadi mengingat Propinsi Jambi pernah mengalami wabah JD pada Juni 2014. Temuan ini didukung oleh data seroprevalensi yang dilaporkan dalam kegiatan pemantauan di Provinsi Jambi pada 2011 dan 2013 (Miswati *et al.* 2015; Balai Veteriner & Bukittinggi 2018). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa antibodi yang diinduksi oleh infeksi JDV dapat bertahan sampai 59 minggu (Hartaningsih *et al.*, 1994).

Vaksinasi pada sapi seropositif menyebabkan penurunan titer antibodi yang signifikan, bahkan dapat menyebabkan sapi menjadi seronegatif. Temuan serupa juga diamati pada kajian lapang vaksinasi *bovine coronavirus*, dimana titer antibodi sapi seropositif mengalami penurunan satu bulan pascavaksinasi (Takamura *et al.*, 2002). Adanya interferensi oleh antibodi yang sudah ada sebelumnya menegaskan pentingnya mengetahui status kekebalan sebelum dilakukan vaksinasi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan strategi vaksinasi dan meningkatkan efektivitas vaksin JD dalam menghadapi interferensi imun.

Perbedaan tanggapan antibodi yang nyata terhadap vaksinasi terlihat antara sapi seronegatif dan seropositif. Pada kelompok sapi seronegatif, terlihat respons positif yang signifikan pada 71,87% sapi dua minggu pascavaksinasi, walaupun hanya 40,63% saja yang dapat dikategorikan seroprotektif. Kemampuan vaksin JD menggertak antibodi yang relatif rendah juga diamati oleh Agustini *et al.* (2015) melalui kajian eksperimental. Selain induksi antibodi protektif yang masih suboptimal, kami mengamati adanya penurunan titer antibodi yang tajam dua bulan pascavaksinasi. Durasi kekebalan yang singkat juga dikemukakan oleh Stevens *et al.* (2009) dalam kajian vaksin *Bovine Viral Diarrhea* (BVD) inaktif, dimana titer maksimal dicapai pada hari ke-14 pascavaksinasi dua dosis, dan hanya bertahan selama 28 hari.

Imunogenisitas vaksin dapat dipengaruhi oleh proses inaktivasi antigen yang dapat merusak epitop kunci sehingga antigen tidak mampu mengirimkan sinyal untuk menginduksi kekebalan protektif (Spickler & Roth, 2003; Cunningham *et al.*, 2016). Selain itu, vaksin inaktif diketahui kurang menstimulasi sel *T helper*, sehingga produksi interleukin (IL)-21 terhambat, yang mengakibatkan terganggunya diferensiasi sel B dan pembentukan sel memori (Bali & Rafi, 2011). Mengingat kompleksitas produksinya, vaksin JD juga tidak lepas dari beberapa kemungkinan tersebut. Untuk mencapai kekebalan yang memadai, pemberian vaksin inaktif seringkali memerlukan beberapa ulangan. Meskipun pengebalan terhadap JD di wilayah endemik direkomendasikan menggunakan dua dosis vaksin berselang satu bulan, dua bulan pascavaksinasi kami hanya mendapatkan 5 ekor (15,63%) sapi saja yang memiliki titer antibodi protektif. Kajian Hartaningsih *et al.* (2001) menunjukkan bahwa vaksinasi tiga dosis dan selang injeksi satu bulan mampu menghasilkan titer antibodi JD yang lebih tinggi dibandingkan pemberian dua dosis. Temuan serupa juga diamati dengan *bovine ephemeral fever*, dimana sapi yang divaksin tiga atau empat dosis memiliki titer antibodi yang lebih tinggi dan kekebalan yang lebih lama (Aziz-Boaron *et al.*, 2013). Selain pemberian berulang, penambahan ajuvan yang tepat ke dalam vaksin dapat menggertak sistem kekebalan tubuh dan memperkuat respon terhadap antigen. Ajuvan emulsi telah lama dan umum digunakan dalam vaksin hewan yang meliputi emulsi air dalam minyak (*Water-in-Oil*, W/O), emulsi minyak dalam air (*Oil-in-Water*, O/W), dan *Water-in-Oil-in-Water* (W/O/W) (Burakova *et al.*, 2018). Jenis emulsi W/O/W dapat menyebabkan pelepasan antigen secara cepat dari fasa air terluar dan juga secara berkelanjutan dari fasa air di dalam minyak. Hal tersebut memungkinkan gertakan yang cepat

dan terus-menerus terhadap sel kekebalan sehingga menghasilkan titer antibodi protektif minimal selama satu tahun, seperti yang dilaporkan oleh Jouneau *et al.* (2020) dalam kajian vaksinasi penyakit mulut dan kuku (PMK) pada domba. Berbagai sediaan baru ajuvan masih terus dikembangkan diantaranya bertujuan meningkatkan titer serta durasi tanggap kebal (Zhang *et al.*, 2018; Shi *et al.*, 2022; Nooraei *et al.*, 2023, Sakar *et al.*, 2023). Sampai saat ini produksi vaksin JD masih melibatkan propagasi virus di sapi Bali, dikarenakan belum tersedianya sistem *in vitro* yang sesuai untuk pertumbuhan JDV. Kompleksitas proses produksinya akan dapat berdampak pada keterbatasan jumlah maupun imunogenisitas vaksin. Kajian dan inovasi dalam pengembangan vaksin menjadi sangat mendesak di tengah situasi semakin meluasnya wilayah tertular JD saat ini. Meningkatkan efektivitas vaksin, mengoptimalkan metode produksi, dan mengeksplorasi pendekatan vaksin modern merupakan langkah penting dalam mencapai pengendalian JD yang berkelanjutan dan efektif.

Kajian ini memberikan informasi tentang dinamika pembentukan antibodi terhadap vaksinasi JD pada sapi Bali di lapangan. Upaya pengebalan menggunakan vaksin JD inaktif konvensional belum cukup mampu menggerakkan titer antibodi protektif dengan durasi kekebalan yang memadai. Karenanya, penegakan ketat persyaratan lalu lintas pergerakan sapi Bali antar wilayah menjadi sangat penting dilakukan. Sepengetahuan kami, penelitian ini merupakan kajian kohort serologik vaksinasi JD lapangan yang pertama kali dilaporkan. Kajian skala terbatas ini memberi landasan akan perlunya penelitian lanjutan yang berfokus pada peningkatan imunogenisitas vaksin dan memperpanjang durasi kekebalan protektif demi memperkuat strategi pengendalian JD di Indonesia.

Terima kasih kepada Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah memberikan beasiswa pendidikan dan dukungan dana penelitian kepada FA, Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Sarolangun beserta Puskesmas Air Hitam yang telah mendukung kegiatan lapang, dan BBVet Denpasar yang mendukung pemeriksaan ELISA.

“Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini”.

DAFTAR PUSTAKA

[Ditkeswan] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (2019) *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2019/Livestock and Animal Health*

- Statistics 2019*. Edited by M. Maman Nurdiman, S.Sos, Drh.A.R. D, and Drh.L. Ermansyah. Jakarta.
- [Ditkeswan] Direktorat Kesehatan Hewan (2015) *Pedoman Pengendalian dan Penanggulangan Penyakit Jembrana, Directorate General of Livestock and Animal Health Services. Ministry of Agriculture*. Jakarta: Direktorat Kesehatan Hewan.
- [ICTV] International Committee on Taxonomy of Viruses (2016) ‘Code assigned’, *Jembrana Disease Virus*.
- Agustini, N. and Wisindie, R. (2015) ‘The Comparative Elisa Test For Detection Antibodies of Jembrana Disease’, *Buletin Veteriner, BBVet Denpasar*, pp. 1–9.
- Agustini, N.L.P., Tenaya, I.W.M. and Supartika, I.K.E. (2015) ‘Uji Efikasi Vaksin Jembrana’, *Buletin Veteriner BBVet Denpasar, XXVII(86)*, pp. 1–16.
- Aziz-Boaron, O. *et al.* (2013) ‘Safety, immunogenicity and duration of immunity elicited by an inactivated bovine ephemeral fever vaccine.’, *PLoS one*, 8(12), pp. 1–9.
- Balai Veteriner and Bukittinggi (2018) *LAPORAN MONITORING DAN DIAGNOSA PENYAKIT VIRAL (JEMBRANA) Di wilayah kerja Balai Veteriner Bukittinggi Tahun 2018*. Bukittinggi.
- Bali, P. and Rafi, A. (2011) ‘Immunological mechanisms of vaccination’, *Nature Immunology*, 12(6), pp. 509–517.
- Burakova, Y. *et al.* (2018) ‘Adjuvants for Animal Vaccines’, *Viral Immunology*, 31(1), pp. 11–22.
- Chadwick, B. *et al.* (1995) ‘Genomic sequence analysis identifies Jembrana disease virus as a new bovine lentivirus’, *Journal of General Virology*, 76, pp. 189–192
- Cahyanti N, Safitria K, Putra Y, Hartini R. (2015) ‘Gambaran Perkembangan Kasus Penyakit Jembrana di Propinsi Sumatera Barat, Jambi, Riau dan Kepulauan Riau Tahun 2011 - 2015’, *Buletin Informasi Kesehatan Hewan*, pp. 9–13.
- Cunningham, A.L. *et al.* (2016) ‘Vaccine development: From concept to early clinical testing’, *Vaccine*, 34(52), pp. 6655–6664.
- Ditcham, W.G.F. *et al.* (2009) ‘Vaccination reduces the viral load and the risk of transmission of Jembrana disease virus in Bali cattle’, *Virology*, 386(2), pp. 317–324. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2009.02.008>.
- Guntoro, T., Sulinawati and Ferro (2018) ‘Investigasi penyakit Jembrana di Kabupaten Bengkulu Selatan, Bengkulu’. In: Indrawati A, Priosoeryanto BP, Murtini S, Tiuria R, Idris S (ed.) *Proceeding of the 20th Federation of Asian Veterinary Associations (FAVA) Congress and the 15th National Veterinary Scientific Conference of Indonesian Veterinary*

- Medical Association (KIVNAS PDHI). Jakarta: Indonesian Veterinary Medical Association, pp. 471–473.
- Hartaningsih, N. et al. (1994) 'Antibody response to Jembrana disease virus in Bali cattle', *Veterinary Microbiology*, 39(1–2), pp. 15–23.
- Hartaningsih, N. et al. (2001) 'The induction of a protective immunity against Jembrana disease in cattle by vaccination with inactivated tissue-derived virus antigens', *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 78(2), pp. 163–176.
- Helmi et al. (2019) 'Penyidikan kejadian kematian Sapi Bali diduga disebabkan oleh Jembrana Disease Virus di Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat pada Tanggal 28–29 Januari 2019'. In: Putra AAG, Wiyono A, Sudarnika E, Nugroho WS, Wibawa H (ed.). *Prosiding Penyidikan Penyakit Hewan*. Jakarta: Direktorat Kesehatan Hewan, Ditjen. Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian, pp. 11–20.
- Jouneau, L. et al. (2020) 'The antibody response induced FMDV vaccines in sheep correlates with early transcriptomic responses in blood', *npj Vaccines* 2020 5:1, 5(1), pp. 1–11.
- Kusumawati, A. et al. (2015) 'Immunodiagnosis in Jembrana disease: A review', *American Journal of Immunology*, 11(3), pp. 102–107.
- Lewis, J. (2008) *Recombinant proteins as vaccines and diagnostic antigens for the control of Jembrana disease virus infection in Indonesia*. Murdoch University.
- Miswati, Y. et al. (2015) 'Gambaran Perkembangan Kasus Penyakit Jembrana di Propinsi Sumatera Barat, Jambi, Riau dan Kepulauan Riau Tahun 2011–2015', *Buletin Informasi Kesehatan Hewan*, pp. 9–13.
- Nasution, S.S., Hutagaol, N.M. and Purba, J.R. (2018) 'Investigasi outbreak penyakit Jembrana di Kabupaten Padang Lawas, Provinsi Sumatra Utara Tahun 2017'. In: Indrawati A, Priosoeryanto BP, Murtini S, Tiuria R, Idris S (ed.) *Proceeding of the 20th Federation of Asian Veterinary Associations (FAVA) Congress and the 15th National Veterinary Scientific Conference of Indonesian Veterinary Medical Association (KIVNAS PDHI)*. Jakarta: Indonesian Veterinary Medical Association, pp. 459–462.
- Nooraei, S. et al. (2023) 'Immunogenicity of Different Types of Adjuvants and Nano-Adjuvants in Veterinary Vaccines: A Comprehensive Review', *Vaccines*, 11(2): 453.
- Samberi, K., Ngadiyono, Y.N. and Sumadi (2010) 'Estimasi dinamika populasi dan produktivitas sapi Bali di Kabupaten Kepulauan Yapen, Propinsi Papua', *Buletin Peternakan*, pp. 169–177.
- Sarkar A, Akbarzadehmoallemkolaei M, Rezaei N. (2023) 'Immunogenicity of Different Types of Adjuvants and Nano-Adjuvants in Veterinary Vaccines: A Comprehensive Review', *Vaccines*, 11(2): 453.
- Shi, X. et al. (2022) 'Development and Efficacy Evaluation of a Novel Nano-Emulsion Adjuvant for a Foot-and-Mouth Disease Virus-like Particles Vaccine Based on Squalane', *Nanomaterials*, 12(22), p. 3934.
- Siswanto, J., Yulianti, E. and Guntoro, T. (2018) 'Investigasi outbreak penyakit Jembrana di Kecamatan Bayung Lincir, Kabupaten Musi Banyu Asin'. In: Indrawati A, Priosoeryanto BP, Murtini S, Tiuria R, Idris S (ed.) *Proceeding of the 20th Federation of Asian Veterinary Associations (FAVA) Congress and the 15th National Veterinary Scientific Conference of Indonesian Veterinary Medical Association (KIVNAS PDHI)*. Jakarta: Indonesian Veterinary Medical Association, pp. 443–447.
- Soeharsono S, Temadja, I.G.N. Teken (1997) 'The occurrence and history jembrana disease in Indonesia', in C.J. Wilcox GE, Soeharsono S, Dharma DMN (ed.) *Jembrana Disease and the Bovine Lentiviruses*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, pp. 2–4.
- Soeharsono, S. et al. (1990) 'Studies of Experimental Jembrana Disease in Bali Cattle. I. Transmission and Persistence of the Infectious Agent in Ruminants and Pigs, and Resistance of Recovered cattle to Re-infection', *Journal of Comparative Pathology*, pp. 49–59.
- Soesanto, M. et al. (1990) 'Studies on Experimental Jembrana Disease in Bali Cattle. 11. Clinical Signs and Haematological Changes', *Journal of Comparative Pathology*, pp. 61–71.
- Spickler, A.R. and Roth, J.A. (2003) 'Adjuvants in Veterinary Vaccines: Modes of Action and Adverse Effects', *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17(3), pp. 273–281.
- Supriyadi A, Hadi S, Karyanti D, Hartanto T, Utami WS, Astuti EW, Fiqri AJ, Habib A (2011) 'Studi Retrospektif terhadap Vaksinasi Penyakit Jembrana di Kabupaten Paser Kalimantan Timur', pp. 12–20.
- Supriyadi, A., dan Karyanti, K. (2019) 'Verifikasi Pengujian ELISA Antibodi Jembrana Disease (JD)', in Anonimous (ed.) *Penyidikan Penyakit Hewan: Rapat Teknis dan Pertemuan Ilmiah dan Surveilans Kesehatan Hewan*. Jakarta: Sub-Direktorat Pengamatan Penyakit Hewan, Direktorat Kesehatan Hewan, Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, pp. 378–382.

- Takamura, K., Matsumoto, Y. and Shimizu, Y. (2002) 'Field study of bovine coronavirus vaccine enriched with hemagglutinating antigen for winter dysentery in dairy cows', *Canadian Journal of Veterinary Research*, 66(4), pp. 278–281.
- Wilcox GE, Chadwick BJ, K.G. (1995) 'Recent advances in the understanding of Jembrana Disease', *Veterinary Microbiology*, 46(1995), pp. 249–255.
- Zhang, J. *et al.* (2018) 'Development of a novel oil-in-water emulsion and evaluation of its potential adjuvant function in a swine influenza vaccine in mice', *BMC Veterinary Research*, 14(1), pp. 1–11.