

# Perbandingan Deteksi Titer Antibodi Pascavaksinasi Rabies Berbasis Kolorimetri Menggunakan ELISA *Reader* dan Kamera Telepon Genggam

(COMPARISON OF COLORIMETRIC-BASED RABIES POSTVACCINATION ANTIBODY  
TITER DETECTION USING ELISA READER AND MOBILE PHONE CAMERA)

Koekoeh Santoso<sup>1</sup>, Ulfatin Khoiriyah Herowati<sup>2</sup>, Dordia Anindita Rotinsulu<sup>3</sup>,  
Sri Murtini<sup>3</sup>, Muhammad Yusuf Ridwan<sup>3</sup>, Denny Widya Hikman<sup>3</sup>, Abdul Zahid<sup>3</sup>,  
Ardilasunu Wicaksono<sup>3</sup>, Arifin Budiman Nugraha<sup>3</sup>, Usamah Afiff<sup>3</sup>,  
Agus Wijaya<sup>4</sup>, Ridi Arif<sup>3</sup>, Ronald Tarigan<sup>1</sup>, Edi Sukmawinata<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Anatomi Fisiologi dan Farmakologi,

<sup>2</sup>Program Pendidikan Dokter Hewan,

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Penyakit Hewan dan Kesehatan Masyarakat,

<sup>4</sup>Departemen Klinik, Reproduksi dan Patologi

Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor,

Jl. Agatis, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680.

Phone 0857 1585 1001, Email: koekoehsa@apps.ipb.ac.id

## ABSTRACT

Rabies is an infectious disease, zoonotic, caused by virus from the genus *Lyssa virus* and generally transmitted by the bite of rabid animal, especially rabies infected dog. Rabies is preventable but is always fatal to humans if the central nervous system (CNS) is infected. Vaccination has been used as one of rabies prevention programmed. A total of 83 samples were tested using an Indirect ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) to identify post-vaccination rabies antibody titer. Antibody titres correlated with absorbance values and standard solutions concentrations. Absorbance value can be determined using ELISA reader and mobile phone camera. Absorbance were read at 450 nm and 620 nm as reference using ELISA reader and image from mobile phone camera using image processing software (ImageJ). The aim of this study is to compared between ELISA reader as gold standard and mobile phone camera through validity testing such sensitivity, specificity, and accuracy. There is no significant difference between gold standard and alternative test equipment. The mobile phone camera has sensitivity 98,6%, specificity 88,8 % and accuracy 97,5%. The image processing method using ELISA reader is relatively expensive and difficult to hold in laboratory with minimum funds. Image processing method using a mobile phone camera with ImageJ application is expected to be an alternative tool to read the result of ELISA.

Keywords: antibody titer; ELISA reader; mobile phone camera

## ABSTRAK

Rabies adalah penyakit menular, zoonosis, disebabkan oleh virus dari genus *Lyssa virus* dan umumnya ditransmisikan melalui gigitan hewan penular rabies terutama oleh anjing yang terinfeksi rabies. Penyakit rabies dapat dicegah namun selalu berakibat fatal pada manusia jika menginfeksi Sistem Syaraf Pusat (SSP). Vaksinasi telah digunakan sebagai salah satu program pencegahan rabies. Sebanyak 83 sampel diuji menggunakan *Indirect ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)* untuk mengidentifikasi titer antibodi pascavaksinasi rabies. Titer antibodi berkorelasi dengan nilai absorbansi dan konsentrasi larutan standar. Nilai absorbansi dibaca dengan *ELISA reader* dan kamera telepon genggam/*handphone*. Nilai absorbansi dibaca pada gelombang 450 nm dan 620 nm sebagai *reference* menggunakan *ELISA reader* dan citra dari kamera telepon genggam yang diolah dengan aplikasi *ImageJ*. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan antara *ELISA reader* sebagai *gold standard* dan kamera telepon genggam yang meliputi sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara *gold standard* dengan alat uji alternatif. Kamera telepon genggam memiliki sensitivitas 98,6%, spesifisitas 88,8% dan akurasi 97,5%. Metode pembacaan absorbansi menggunakan *ELISA reader* tergolong mahal dan sulit

diadakan di laboratorium dengan dana minimum sehingga metode pengolahan citra menggunakan kamera telepon genggam dengan aplikasi *ImageJ* diharapkan mampu menjadi alternatif pilihan untuk alat pembaca hasil ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*).

Kata-kata kunci: titer antibodi; ELISA *reader*; kamera telepon genggam

## PENDAHULUAN

Rabies merupakan salah satu penyakit zoonotik yang bersifat akut telah terjadi sejak jaman dahulu. Rabies disebabkan oleh virus dari genus *Lyssa virus* dan menyerang susunan saraf pusat (SSP) mamalia sehingga dapat berakibat fatal pada manusia. Hampir semua infeksi manusia disebabkan oleh gigitan Hewan Penular Rabies terutama anjing (Rahayu 2010). Gigitan kelelawar juga merupakan sumber infeksi tetapi bertanggung jawab atas sejumlah kecil kasus. Hal ini berarti bahwa pengendalian rabies secara teknis sederhana adalah mengendalikan rabies pada anjing. Namun, hal ini menghadapi tantangan yang berat akibat rendahnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan kesehatan anjing, terutama vaksinasi, dan rendahnya koordinasi lintas sektoral dalam pencegahan dan penanggulangan rabies. Akibat masa inkubasi yang relatif lama antara pajanan virus setelah gigitan, dan perkembangan penyakit secara klinis, yang sering diukur dalam beberapa bulan, vaksinasi pascapajanan, seperti yang dipelopori lebih dari seratus tahun yang lalu oleh Louis Pasteur, efektif. Oleh karena itu, tidak ada yang perlu mati sia-sia karena rabies selama tindakan pascagigitan dilakukan dengan benar.

Berdasarkan Kementerian Pertanian dalam Kepmentan No.4026/Kpts/OT.140/04/2013, penyakit rabies di Indonesia merupakan penyakit hewan menular strategis. Menurut Direktorat Kesehatan Hewan 2007, upaya pengendalian rabies yang dapat dilakukan salah satunya adalah vaksinasi massal. Cakupan vaksinasi setidaknya 70% populasi anjing harus mendapatkan kekebalan untuk menghilangkan atau mencegah wabah rabies (WHO 2005).

Keberhasilan vaksinasi pada hewan atau manusia dapat diuji menggunakan *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA). Metode ELISA merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi antibodi rabies pada serum hewan (anjing) serta pada serum manusia (Lequin 2005). Metode ELISA juga sangat berguna untuk mendeteksi antibodi terkait dengan survey epidemiologi dalam

ukuran populasi yang besar (Xu *et al.*, 2007). Titer antibodi ini digunakan untuk mengkonfirmasi respons antibodi setelah dilakukan vaksinasi pada anjing (Setiaji dan Agustini, 2011). Antibodi adalah bahan kimia khusus yang mampu mengikat antigen spesifik. Antibodi spesifik dapat diukur menggunakan antigen yang telah ditentukan dan hal ini merupakan dasar dalam berbagai uji biologi diagnostik termasuk ELISA. Hasil dari uji ELISA, diperoleh dari pengukuran absorbansi menggunakan ELISA *reader*.

Prinsip kerja ELISA *reader* berbasis kolorimetri, yaitu intensitas cahaya yang diserap dalam larutan berwarna dengan gelombang tertentu merupakan nilai absorbansi yang terbaca. Alat ELISA *reader* tergolong alat yang mahal dan sulit diadakan di laboratorium ataupun perguruan tinggi yang memiliki dana minimum. Selain itu, perawatan alat ini relatif sulit serta kurang praktis untuk pembacaan hasil ELISA di tempat terpencil. Berkaitan dengan hal tersebut, dikembangkan metode pengolahan citra menggunakan *software ImageJ* berbasis kolorimetri dengan pengambilan citra sampel menggunakan kamera telepon genggam. Metode ini dianggap lebih murah, mudah, cepat, dan praktis, serta diharapkan mampu menjadi alternatif pilihan untuk alat pembaca hasil ELISA selain ELISA *reader* yang biasa digunakan saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan antara ELISA *reader* sebagai *gold standard* dan kamera telepon genggam yang meliputi sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi terhadap titer antibodi pascavaksinasi rabies.

## METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Agustus 2017 sampai April 2018. Sampel darah diambil dari anjing di Kecamatan Cisolok dan Jampang Tengah di Kabupaten Sukabumi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Terpadu, Departemen Ilmu Penyakit Hewan dan Kesehatan Masyarakat Veteriner, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.

**Metode Pengambilan Sampel dan Penyimpanan**

Sampel darah diambil dari vena *cephalica antebrachii* dan disimpan di *cool box* berisi es batu. Serum diambil dari sampel darah dan dimasukkan ke *microtube* untuk pengujian selanjutnya. Serum diinaktivasi menggunakan penangas air selama 30 menit pada suhu 56°C.

**Prosedur Pengujian ELISA**

Pembuatan *recording sheet* bertujuan untuk penentuan letak kontrol maupun serum sampel dalam sumur *microplate*. Prosedur pengujian dilakukan sesuai panduan kerja kit *Indirect ELISA Rabies Demeditec® (Demitec Diagnostics GmbH)*.

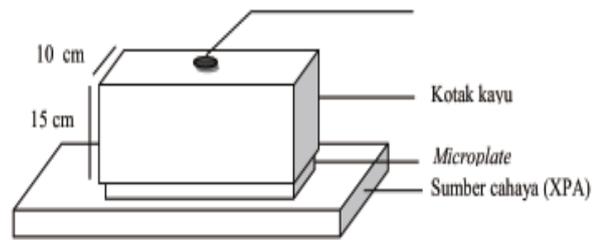
**Pembacaan Hasil ELISA**

Pembacaan hasil ELISA menggunakan *ELISA reader* dengan dua filter yaitu panjang gelombang 450 nm dan 620 nm sebagai *reference*. Hasil dari pembacaan menggunakan *ELISA reader* berupa nilai (*Optical Density*) atau absorbansi. Absorbansi disajikan dalam bentuk kurva standar/kalibrasi untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dan absorbansi. Garis persamaan linear dari kurva standar/kalibrasi dibuat dengan alat bantu *Microsoft Excel* dan diperoleh persamaan  $y = a + bx$ . Sumbu y merupakan nilai absorbansi dan sumbu x merupakan konsentrasi larutan standar yang telah diperoleh yaitu 1,6; 0,8; 0,4; dan 0,2 (*Equivalent Unit*). Nilai a dan b adalah konstanta yang diperoleh dari perhitungan *intercept* dan *slope* dan dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan titer antibodi sampel dengan rumus  $x = y - a / b$ . Hasil akhir pengujian ELISA dinyatakan dalam kesetaraan EU. Menurut Yang (2014), interpretasi hasil EU sampel  $e^{> 0,5}$  EU menunjukkan hasil positif artinya titer antibodi protektif terhadap penyakit rabies, sedangkan EU sampel  $< 0,5$  EU menunjukkan hasil negatif artinya titer antibodi tidak protektif terhadap penyakit rabies

**Pembacaan Hasil Pengolahan Citra Menggunakan ImageJ**

Hasil uji ELISA berupa sampel berwarna dalam *microplate* yang selanjutnya diletakkan ke dalam kotak kayu yang telah dimodifikasi dengan pencahayaan dari lampu *scanner* (Gambar 1).

Hasil uji ELISA dalam *microplate* dipindai dengan kamera *handphone*. Kamera *handphone* memiliki resolusi 8 Megapiksel dan disimpan



Gambar 1. Modifikasi kotak kayu untuk pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone*

dalam format *Joint Photographic Experts Group (JPEG)*. Gambaran citra yang telah disimpan kemudian diolah menggunakan *image processing software imageJ*. *ImageJ* menunjukkan warna dalam pixel dan dapat diubah menjadi angka dalam komponen warna merah-hijau-biru atau *red-green-blue (RGB)*. Intensitas warna dapat diterjemahkan menjadi absorbansi dengan Hukum Lambert-Beer, yaitu :  $A = -\log(I/I_0)$ . Dalam hal ini A merupakan nilai absorbansi, I adalah intensitas masing-masing warna merah, hijau dan biru serta  $I_0$  merupakan nilai maksimal dari sebuah *pixel* yaitu 255 (Soldat *et al.*, 2009). Selanjutnya, nilai absorbansi dan konsentrasi disajikan dalam bentuk kurva standar/kalibrasi sehingga diperoleh persamaan garis linear  $y = a + bx$ . Nilai a dan b digunakan sebagai konstanta dalam perhitungan titer antibodi pada sampel.

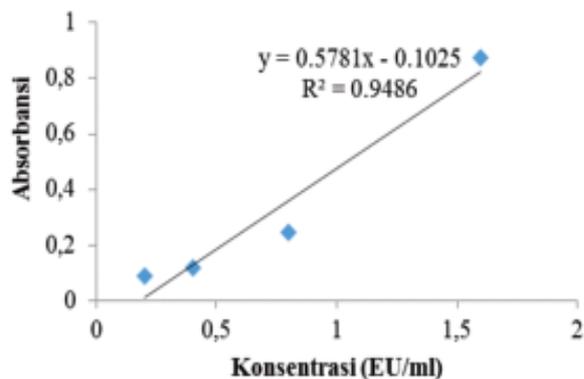
**Analisis Data**

Analisis data dilakukan menggunakan uji diagnostik dengan parameter uji sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi. Menurut Mandrekar (2010), rumus untuk sensitifitas =  $a / (a + c)$ , spesifisitas =  $d / (b + d)$ , dan akurasi =  $a + d / (a + b + c + d)$ , dalam hal ini a merupakan positif benar/*true positive*, b adalah negatif palsu/*false negative*, c adalah positif palsu/*false positive*, dan d adalah negatif benar/*true negative*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pembacaan Larutan Standar Menggunakan ELISA Reader**

Titer antibodi pascavaksinasi rabies pada anjing di Sukabumi, Jawa Barat diperoleh dari perhitungan konsentrasi dan absorbansi larutan standar (kontrol positif). Nilai absorbansi adalah nilai yang diperoleh dari pembacaan larutan standar menggunakan alat *ELISA reader*,



Gambar 2. Hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar dari pembacaan menggunakan alat ELISA reader

sedangkan nilai konsentrasi adalah nilai yang diperoleh dari larutan standar yang diencerkan. Kurva standar yang diperoleh dari hasil pembacaan alat ELISA reader disajikan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2, ditunjukkan garis regresi linear yang menyatakan hubungan linear antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar dari pembacaan alat ELISA reader. Persamaan regresi linear adalah  $y = bx + a$  yang ditunjukkan sesuai dengan Gambar 1 yaitu  $y = 0,5781x - 0,1025$ . Sumbu y adalah hasil pembacaan alat ELISA reader berupa nilai absorbansi, sedangkan sumbu x adalah nilai konsentrasi larutan standar yang ditentukan. Nilai a adalah *intercept* atau perpotongan dengan sumbu tegak dan b adalah kemiringan atau gradiennya. Menurut Bluman (2012), terbentuknya garis linear pada grafik walaupun tidak sempurna, menunjukkan konsentrasi dan absorbansi yang saling berhubungan secara linear.

Nilai  $R^2$  pada Gambar 2 digunakan untuk melihat pengaruh nilai konsentrasi terhadap nilai absorbansi. Menurut Walpole (1993), analisis regresi linear sederhana bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara variabel peubah/bebas terhadap variabel terikat, dalam hal ini variabel bebas adalah nilai konsentrasi dan variabel terikat adalah nilai absorbansi. Nilai  $R^2$  berada pada rentang 0 sampai +1. Nilai  $R^2$  pada gambar 1 adalah 0,9486 yang berarti sebanyak 95% faktor yang memengaruhi nilai absorbansi adalah nilai konsentrasi larutan standar yang telah ditentukan. Menurut Skoog *et al.*, (2007) berdasarkan Hukum Lambert-Beer, semakin meningkat nilai konsentrasi

semakin meningkat pula nilai absorbansinya.

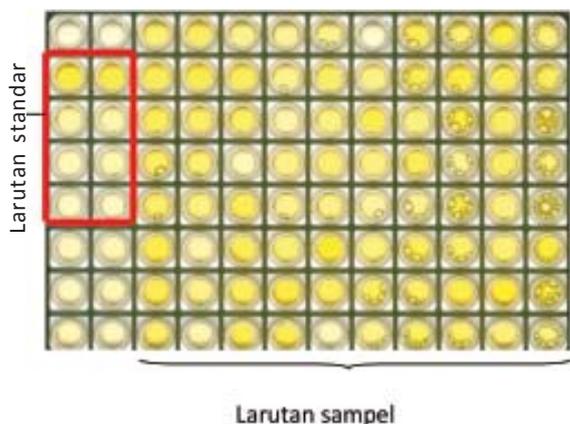
Kuat lemahnya hubungan antara konsentrasi dan absorbansi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi linear yang dilambangkan dengan R. Nilai R diperoleh dari akar  $R^2$ . Menurut Bluman (2012), nilai R akan memiliki hubungan kuat apabila mendekati nilai -1 untuk korelasi negatif atau +1 untuk korelasi positif. Gambar 1 menunjukkan nilai  $R^2$  adalah 0,9486 yang berarti nilai R adalah 0,9370. Nilai R mendekati +1 menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara konsentrasi dan absorbansi. Kurva standar dari pembacaan menggunakan ELISA reader dapat digunakan acuan dalam menentukan titer antibodi sampel yang diuji.

### Pengolahan Citra Kamera Telepon Genggam Menggunakan Aplikasi ImageJ

Banyaknya cahaya yang diserap oleh larutan berwarna disebut absorbansi. Pengukuran absorbansi dapat diketahui melalui pengolahan citra dengan *imageJ* yang dipindai menggunakan alat alternatif yaitu kamera telepon genggam/*handphone*. Hasil pengambilan gambar menggunakan kamera telepon genggam/*handphone* dapat disajikan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 ditunjukkan hasil pengambilan gambar menggunakan kamera telepon genggam/*handphone* dengan sumber cahaya yang berasal dari lampu *scanner*. Warna larutan pada Gambar 3 memiliki tingkat kepekatan warna yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya ikatan antara enzim dan substrat. Warna yang terlihat merupakan kumpulan dari beberapa warna dasar. Menurut Morais dan Lima (2014), analisis gambar dari reaksi kolorimetrik pada *microplate* menghasilkan warna dasar merah, hijau, dan biru yang masing-masing terkelompok kedalam setiap sumur/*microwell*. Rataan dari nilai sentral warna yang berkelompok tersebut akan ditransformasikan menggunakan Hukum Lambert-Beer menjadi nilai absorbansi.

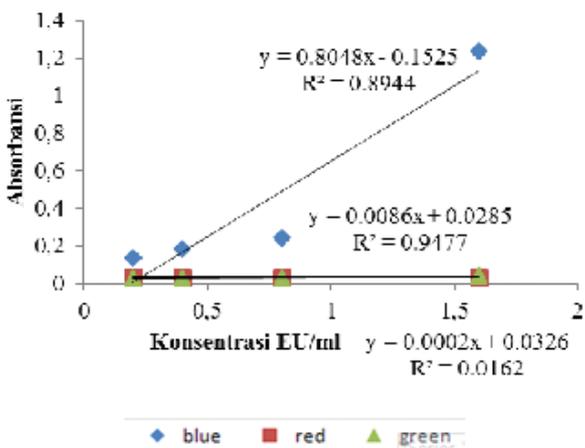
Menurut Soldat *et al.* (2009), nilai rata-rata sentral warna yang berkelompok tersebut merupakan hasil dari seleksi pada area dasar sumur yang memiliki warna relatif sama dan diambil menggunakan fungsi *ovale selection* pada aplikasi *ImageJ* dengan diameter yang sama. Nilai absorbansi yang diperoleh, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi standar menggunakan salah satu warna antara



Gambar 3. Hasil pengambilan gambar larutan standar dan sampel serum anjing menggunakan kamera telepon genggam/handphone

merah, hijau atau biru. Nilai y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi larutan standar (Morais dan Lima 2014).

Kamera telepon genggam/handphone yang digunakan adalah kamera dengan resolusi delapan Megapixel dan dilengkapi dengan sensor kamera BIS (Back Side Illiminate) CMOS. Menurut Long et Al. (2014), sensor CMOS terdapat pada sebagian besar smartphone. Kolektor foton panjang gelombang atau CMOS, telah ditentukan oleh filter fisik. Filter ini terdiri dari pewarna yang masing masing memiliki respons spectral sehingga gambar yang diperoleh memiliki warna sama dengan apa yang terlihat. Warna larutan dalam sumur berbeda-beda tergantung konsentrasinya (Gambar 4). Menurut Underwood dan Day (2002), semakin tinggi konsentrasi larutan semakin pekat warna larutan tersebut dan semakin tinggi pula nilai

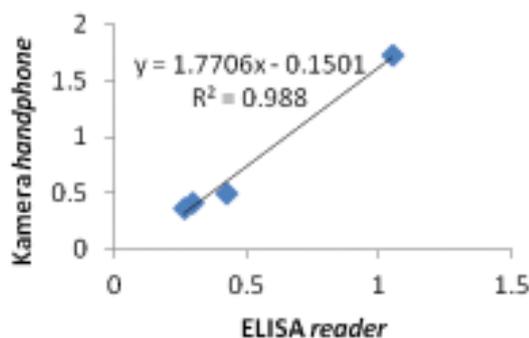


Gambar 4. Kurva kalibrasi larutan standar menggunakan kamera telepon genggam/handphone

absorbansinya. Berikut merupakan kurva kalibrasi standar menggunakan kamera telepon genggam/handphone dan kurva tersebut disajikan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa garis persamaan regresi linear warna biru menunjukkan garis linear yang curam. Menurut Soldat et al. (2009) semakin curam kemiringan garis linear, semakin sensitif terhadap perubahan konsentrasi. Selain itu, nilai absorbansi komponen warna hijau dan merah memiliki rata-rata nilai yang hampir mendekati nol yakni 0,032 dan 0,034. Hal ini menunjukkan bahwa larutan tidak menyerap komponen warna hijau dan biru dari sumber cahaya yang dipancarkan. Menurut Rusmawan et al. (2011), nilai absorbansi dari komponen warna merah, hijau atau biru tidak dapat digunakan dalam perhitungan konsentrasi larutan sampel apabila nilai rata-rata absorbansi yang dihasilkan sangat kecil (mendekati nol). Berdasarkan analisis tersebut, komponen warna biru dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan titer antibodi. Kurva korelasi dibuat untuk melihat hubungan kamera telepon genggam/handphone dengan ELISA reader. Berikut merupakan kurva korelasi kamera telepon genggam/handphone dengan ELISA reader (gold standard) (Gambar 5).

Pada Gambar 5 ditunjukkan adanya hubungan linear antara larutan standar yang dibaca menggunakan kamera telepon genggam/handphone terhadap ELISA reader. Kuatnya hubungan antara alat uji dapat dilihat dari nilai R<sup>2</sup> dan nilai R terhadap gold standard. Gambar 4 menunjukkan kamera telepon genggam/handphone memiliki hubungan yang kuat dilihat dari nilai R<sup>2</sup> kamera telepon genggam/handphone terhadap ELISA reader adalah 0,988. Nilai ini sangat tinggi dan mendekati +1. Menurut Bluman (2012), nilai R<sup>2</sup> yang tinggi



Gambar 5. Kurva korelasi larutan standar antara kamera telepon genggam/handphone dan

Tabel 1. Hasil uji diagnostik perbandingan antara kamera *handphone* dengan ELISA *reader* (*gold standard*).

Hasil uji alat	Positif E	Negatif E	Jumlah
Positif K	73 (a)	1 (b)	74 (a+b)
Negatif K	1 (c)	8 (d)	9 (c+d)
Jumlah	74 (a+c)	9 (b+d)	83 (a+b+c+d)

Keterangan: K = Kamera telepon genggam/*handphone*, E = ELISA *reader*, a = *true positive*, b = *false negative*, c = *false negative*, d = *true negative*

(mendekati +1) menunjukkan kekuatan hubungan antara variabel pada sumbu x dan y. Hal ini sesuai dengan penelitian Morais *et al.* (2018) yang menunjukkan nilai korelasi yang baik antara *scanner* dengan spektrofotometer pada pembacaan *High-Density Lipoprotein* (HDL) kolesterol berdasarkan ikatan enzimatis yang menghasilkan larutan berwarna. Selain itu, penelitian ini mengacu pada penelitian Long *et al.* (2014) mengenai penggunaan kamera telepon genggam/*handphone* yang dapat dijadikan sebagai alat yang dapat dijinjing/*portable* dalam pembacaan hasil ELISA.

#### Uji Diagnostik Titer Antibodi Pasca Vaksinasi Rabies pada Anjing

Hasil uji diagnostik titer antibodi ditunjukkan pada Tabel 1. Tumbelaka (2002) menjelaskan uji diagnostik digunakan untuk membandingkan hasil dugaan suatu pemeriksaan atau *test* terhadap nilai baku yang mendekati kebenaran/*gold standard*.

Pada Tabel 1 ditunjukkan total sampel yang diuji sebanyak 83 sampel dengan hasil uji positif dari pembacaan ELISA *reader* sebanyak 74 sampel dan hasil uji negatif sebanyak Sembilan sampel. Hasil uji positif dari pembacaan alat uji kamera telepon genggam/*handphone* sebanyak 73 sampel dengan satu sampel merupakan negatif palsu, sedangkan hasil uji negatif dari pembacaan alat uji kamera telepon genggam/*handphone* sebanyak delapan sampel dengan satu sampel merupakan positif palsu. Nilai sensitivitas dan spesifisitas kamera telepon genggam/*handphone* berturut-turut adalah sebesar 98,6% dan 88,8%. Kedua nilai sensitivitas dan spesifisitas tergolong tinggi walaupun nilai spesifisitas tidak setinggi nilai sensitivitas. Alberg *et al.* (2004), menyatakan bahwa setiap kenaikan nilai sensitivitas diikuti dengan penurunan nilai spesifisitasnya. Nilai sensitifitas dan spesifisitas yang tinggi berpengaruh terhadap nilai akurasi. Nilai

sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi diikuti dengan tingginya nilai akurasi dan validasi. Validitas suatu alat didasarkan pada keakuratan alat uji (kamera telepon genggam/*handphone*) dalam mendeteksi respons vaksinasi baik titer antibodi positif maupun titer antibodi negatif terhadap ELISA *reader*. Menurut Betz *et al.* (2011) akurasi adalah kedekatan nilai hasil uji eksperimental dengan nilai yang sebenarnya. Nilai akurasi adalah nilai dari total hasil uji benar positif (*true positive*) dan benar negatif (*true negative*) dari seluruh sampel yang diuji. Perhitungan nilai akurasi menunjukkan hasil yang tinggi yaitu 97,5%.

#### SIMPULAN

Pembacaan respons vaksinasi berdasarkan titer antibodi dengan pengolahan citra digital dari kamera telepon genggam/*handphone* memiliki nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang tinggi yaitu 98,6%, 88,8% dan 97,5%. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan citra dengan kamera telepon genggam/*handphone* memiliki hasil pembacaan yang mendekati ELISA *reader* (*gold standard*).

#### SARAN

Perlu dilakukan penelitian berulang dengan membandingkan hasil pembacaan ELISA secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan ELISA *reader* dan kamera telepon genggam/*handphone*. Uji yang dilakukan meliputi uji sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi sehingga diperoleh validitas yang tinggi serta reabilitas/hasil yang konsisten dalam setiap pengujian untuk memperoleh faktor koreksi yang dapat digunakan dalam perhitungan nilai titer antibodi secara kuantitatif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi atas dana penelitian IPB University melalui skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Tahun 2016 serta berdasarkan Surat Keputusan Kepala Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat IPB University Nomor: 1/E1/KP.PTNBH/2020 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 1/AMD/E1.KP.PTNBH/2020. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Peternakan Kabupaten Sukabumi yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini di lapang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [WHO]. World Health Organization. 2005. *WHO expert consultation on rabies*. WHO technical report series 931, Geneva Switzerland.
- Alberg AJ, Park JW, Hager BW, Brock MV, West MD. 2004. The Use of "Overall Accuracy" to Evaluate the Validity of Screening or Diagnostic Tests. *JGIM* 19(5): 460-465.
- Betz JM, Brown PN, Roman MC. 2011. Accuracy, Precision, and Reability of Chemical Measurements in Natural Product Research. *Fitoterapia* 82(1): 44-52.
- Bluman GA. 2012. *Elementary Statistics: A Step by Step Approach 8<sup>th</sup> ed.* New York (US): McGraw-Hill. Hlm.
- Crowther JR. 2009. *The ELISA Guidebook 2<sup>nd</sup> ed.* New Jersey (US): Humana Press. Hlm.
- Lequin RM. 2005. Enzyme Immunoassay (EIA)/ Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Clin Chem* 51(52): 2415-2418.
- Long KD, Yu H, Cunningham BT. 2014. Smartphone Instrument for Portable Enzyme-Linked Immunosorbent Assays. *BOE*. 5(11): 1-15.
- Mandrekar JN. 2010. Simple Statistical Measure for Diagnostic Accuracy Assessment. *JTO* 5(6): 763-764.
- Morais CLM, Lima KMG. 2014. A colorimetric microwell method using a desktop scanner for biochemical assays. *Talanta* 126(10): 145-150.
- Rahayu A. 2010. Rabies. *Jurnal Fakultas Kedokteran. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya*. 1(2): 20.
- Rusmawan CA, Onggo D, Mulyani I. 2011. *Analisis Kolorimetri Kadar Besi (III) dalam Sampel Air Sumur dengan Metode Pencitraan Digital* [internet]. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains*
- Setiaji G, Agustini NLP. 2011. Kajian respon antibodi rabies pada anjing post-vaksinasi di Pulau Bali. *Buletin Veteriner* 13(78): 36-44.
- Skoog DA, Holler FJ, Crouch SR. 2007. *Principles of Instrumental Analysis 5<sup>th</sup> ed.* Pacific Grove (GB): Thomson Learning. Hlm.
- Soldat DJ, Barak P, Leporet J. 2009. Microscale Colorimetric Analysis Using a Desktop Scanner and Automated Digital Image Analysis. *J Chem Educ* 86(5): 617-620.
- Tumbelaka AR. 2002. Telaah Kritis Makalah Uji Diagnostik. *Sari Pediatri* 4(2): 98-102.
- Underwood AL, Day RA. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif* Ed ke-6. Jakarta (ID): Erlangga. Hlm.
- Walpole RE. 1993. *Pengantar Statistika Ed ke-3*. Jakarta (ID) : PT Gramedia Pustaka Utama. Hlm. ?
- Xu G, Weber P, Hu Q, Audry L, Li C, Wu J, Bouhy H. 2007. A simple sandwich ELISA for the detection of lyssavirus nucleocapsid in rabies suspected specimens using mouse monoclonal antibodies. *Biologicals* 35: 297-302.
- Yang D. 2014. ELISA test for rabies [internet]. [diakses 2018 mei 31]. Tersedia pada: [http://www.rrasia.oie.int/fileadmin/Regional\\_Representation/Programme/JTF\\_One\\_Health/2014\\_Rabies\\_Training/18\\_Dr\\_Dong\\_Kun\\_Yang\\_International\\_standards\\_for\\_rabies\\_diagnosis\\_20140804\\_-1.pdf](http://www.rrasia.oie.int/fileadmin/Regional_Representation/Programme/JTF_One_Health/2014_Rabies_Training/18_Dr_Dong_Kun_Yang_International_standards_for_rabies_diagnosis_20140804_-1.pdf)