

PENGARUH LINGKUNGAN BIOFISIK KANDANG PETERNAKAN SAPI TRADISIONAL TERHADAP CEMARAN BAKTERI COLI DALAM AIR SUMUR

Nanik Nufiani*¹, Muhajir Utomo*², Samsul Bakri*³, Farida Fathul*⁴

*^{1,3} Jurusan Kehutanan dan Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*² Dosen Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*⁴ Dosen Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

email: *¹naniknufiani@gmail.com, *²mutomo2011@gmail.com, *³samsul.bakri442@gmail.com,

Abstrak. Berkembangnya usaha-usaha peternakan sapi rakyat selain memberikan dampak positif terhadap perekonomian rakyat tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif yang akut terhadap lingkungan terutama pada sanitasi dan kesehatan masyarakat mengingat umumnya usaha peternakan rakyat menyatu dengan tempat tinggal. Limbah ternak sapi (kotoran sapi) memiliki kandungan bahan organik dan nitrogen dalam jumlah yang cukup tinggi, selain itu limbah ternak sapi juga mengandung fosfat, sulfur dan unsur-unsur lain serta secara bakteriologis limbah ternak sapi pada umumnya mengandung bakteri Coli atau Coliform yang anggotanya dapat menyebabkan terjangkitnya penyakit diare. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pencemaran bakteri Coli pada air sumur di lingkungan petani yang memelihara sapi secara konvensional (peternak rakyat) di daerah Kecamatan Natar dan Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. Melalui analisis regresi linear, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak kandang terhadap sumur, jumlah ternak dan posisi sumur di bawah kandang merupakan faktor-faktor yang signifikan yang berpengaruh terhadap jumlah bakteri Coli dengan P-value 0.000, 0.003 dan 0.079.

Kata kunci: limbah ternak sapi, coliform

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Meningkatnya jumlah penduduk dan perekonomian Indonesia dalam beberapa dekade terakhir menyebabkan pesatnya peningkatan akan protein hewani yang salah satu sumber utamanya berasal dari daging sapi. Konsumsi daging sapi Indonesia pada tahun 2014 masih rendah yaitu sekitar 2,2 kg/tahun, jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan Negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura yang mencapai 15 kg/tahun (Dyah, 2015). Namun demikian, meski tingkat konsumsi daging sapi Indonesia masih rendah, kebutuhan daging sapi nasional cukup tinggi karena populasi penduduknya yang besar. Dari kebutuhan daging sapi nasional tahun 2014 sebesar 3,1 juta ekor, hanya 2,3 juta ekor yang dapat disediakan dari dalam negeri atau sekitar 74,19%, dan pada tahun 2015 diprediksi meningkat (Handoyo, 2014).

Peternakan sapi rakyat akan mengalami pertumbuhan yang pesat sejalan dengan kebutuhan akan daging yang terus meningkat bahkan selalu import. Usaha ini akan pesat mengingat keuntungan usaha ternak sapi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan usaha pertanian lainnya yang memerlukan luasan lahan yang relatif luas seperti tanaman pangan dan perkebunan. Berkembangnya usaha-usaha peternakan sapi rakyat selain memberikan dampak positif terhadap perekonomian rakyat tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif yang akut terhadap lingkungan terutama pada sanitasi dan kesehatan masyarakat mengingat umumnya usaha peternakan rakyat menyatu dengan tempat tinggal.

Permasalahan yang biasa dijumpai pada usaha peternakan sapi rakyat adalah lokasi atau letak kandang yang terlalu dekat dengan rumah dan sumur, sehingga limbah yang dihasilkan oleh ternak sapi dapat mempengaruhi atau mencemari kualitas air sumur, selain baunya yang mencemari lingkungan pemukiman. Menurut Mahendra (2014), jarak kandang dari rumah dan sumur seharusnya minimal 10 meter, agar cukup aman dari pencemaran. Namun fakta di lapangan banyak kandang sapi yang jaraknya kurang dari 10 meter, sehingga diprediksi akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan mempengaruhi kualitas air sumur. Kasus pencemaran air sumur akibat jarak kandang yang terlalu dekat (5 – 6 m) pernah terjadi di Desa Pakisan, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten pada tahun 2011

yang mengakibatkan 27 orang terkena muntaber (Soloraya Online, 2011). Di negara berpendapatan rendah dan menengah, diperkirakan 700.000 anak di bawah usia lima tahun meninggal karena gastroenteritis setiap tahun (Fuhrmeister et al., 2015; Walker et al., 2013).

Limbah ternak sapi terdiri dari limbah padat dan cair. Limbah padat berasal dari kotoran (feces) dan sisa-sisa pakan, sementara limbah cair berasal dari air seni sapi dan *effluent* (air yang mengalir dari limbah padat). Limbah cair ternak sapi tersebut akan langsung meresap ke dalam tubuh tanah atau akan mengalir di permukaan tanah yang selanjutnya juga akan meresap ke dalam tanah. Setelah meresap dan masuk ke dalam tubuh tanah, limbah cair ternak sapi akan mengalir secara vertikal dan juga secara horizontal melalui pergerakan air secara lateral yang selanjutnya dapat memasuki dan mencemari air sumur.

Limbah ternak sapi memiliki massa dan volume yang besar, sehingga sangat berpotensi untuk mencemari air sumur bila letak kandang dekat dengan letak sumur. Setiap ekor sapi atau kerbau dewasa menghasilkan limbah kotoran atau feces segar 12,50–23,50 kg/hari (Meilinda, 2014). Menurut FAO (2014), untuk sapi yang berbobot 500 kg akan menghasilkan limbah (kotoran) sekitar 35 kg setiap harinya. Sementara menurut Fischer (1998), untuk sapi perah berbobot 450 kg rata-rata menghasilkan kotoran sebesar 36,9 kg. Jika petani memelihara 4 ekor sapi maka setiap harinya akan dihasilkan limbah kotoran sapi minimal 50 kg. Kotoran sapi atau pupuk kandang telah dilaporkan mengandung berbagai mikroorganisme patogen, yang dapat dilepaskan ke lingkungan dalam jumlah besar (Harvey et al., 1989; Jamieson et al., 2002; Reddy et al., 1981; Unc. Et al., 2003). Minimnya pengelolaan limbah, pembuangan limbah dekat kandang dan sumur, serta akumulasi limbah dalam jangka yang cukup lama akan meningkatkan potensi terjadinya pencemaran air sumur.

Kualitas air dangkal (sumur) sebagian besar ditentukan oleh pencemaran kotoran manusia dan hewan (Prüss-Üstün et al., 2008; Stuart et al., 2009; Graham and Polizzotto, 2013; Fuhrmeister et al., 2015; Schriewer et al., 2015). Pencemaran air sumur oleh limbah ternak sapi akan menyebabkan terjadinya perubahan bau dan rasa akibat meningkatnya kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrogen (nitrit, nitrat), fosfat dan sulfur. Selain itu, secara mikrobiologis bahan pencemar lain yang berbahaya adalah bakteri *e. coli* yang termasuk dalam bakteri *Coliform*, karena dapat menyebabkan diare pada manusia. Saat ini, penyakit diare tetap menjadi masalah kesehatan masyarakat utama di negara-negara berkembang, dan daerah-daerah dengan sumber daya keuangan terendah dan fasilitas kebersihan termiskin adalah yang paling terpengaruh (Cabral, 2010).

Belum ditemukan peneliti yang mempublikasikan hasil penelitian tentang dampak peternakan rakyat terhadap cemar sumur khususnya berkaitan dengan *Coliform* apalagi yang dikaitkan dengan karakter bio-fisik lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pencemaran bakteri *Coliform* pada air sumur di lingkungan petani yang memelihara sapi secara konvensional (peternak rakyat) di daerah Kecamatan Natar dan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di lingkungan peternak sapi tradisional di Kecamatan Natar dan Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, pada Bulan Februari hingga Maret tahun 2019.

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol untuk mengambil air sampel yang diberi pemberat, botol sampel ukuran 100 ml, aquadestilata, tali tambang, kertas label, lilin, korek api, alkohol, pH tester, termos, thermometer, pita ukur (meteran) dan kuesioner.

Prosedur Penelitian

Persiapan

Persiapan penelitian dilakukan dari mencari informasi tentang peternak sapi rakyat di Kecamatan Natar dan Kecamatan Jati Agung dari UPT Puskesmas Kecamatan Natar dan Kecamatan Jati Agung. Penentuan lokasi di kedua kecamatan tersebut didasarkan pada perbedaan karakteristik

tanah sebagai akibat dari perbedaan batuan induk pembentuk tanah. Kecamatan Natar ditetapkan dua Desa, yaitu Desa Muara Putih dan Desa Rulung Raya, sementara untuk Kecamatan Jati Agung hanya dipilih satu desa yaitu Desa Fajar Baru. Setiap desa dipilih dua dusun sebagai lokasi penelitian.

Prasurvei dilakukan untuk melakukan pendataan tentang petani-petani yang memiliki ternak sapi serta petani yang tidak memiliki sapi (sebagai kontrol).

Pelaksanaan Survei Lapang

Penelitian dilakukan dengan metode survei untuk memperoleh data secara langsung atau primer. Kegiatan survei yang pertama adalah dengan melakukan wawancara untuk pendataan melalui Kuesioner, selanjutnya melakukan pengukuran variabel bio-fisik.

Data tentang bio-fisik lingkungan dan sosial demografi peternak diperoleh dengan menggunakan Kuesioner serta pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan. Data bio-fisik yang diprediksi dapat mempengaruhi kandungan bakteri *Coliform* antara lain yaitu: jenis bahan induk, jarak sumur dari kandang, bahan dinding sumur, cincin sumur, kedalaman sumur, lantai kandang, pH air, jenis selokan, vegetasi dominan di sekitar kandang, kemiringan lereng, dan posisi sumur terhadap kandang, sedangkan data sosial demografi peternak (responden) antara lain yaitu: pendidikan, jumlah anggota keluarga, jumlah ternak, dan lama beternak.

Kegiatan berikutnya dalam survei lapang adalah pengambilan sampel air. Pengambilan sampel air dilakukan berdasarkan acuan dari Laboratorium Kesehatan Daerah Propvinsi Lampung. Sebelum pengambilan sampel, botol disterilkan dengan alkohol atau aquades kemudian mulut botol dipanaskan sebentar dengan api. Setiap sumur diambil sampel air sekitar 70-80 ml dimasukkan ke dalam botol plastik ukuran 100 ml. Masing-masing Dusun akan diambil 5 sampel (peternak/responden). Sampel air dimasukkan ke dalam Coolbox dan kemudian disimpan di lemari es. Lama penyimpanan di lemari es sebaiknya < 1 minggu. Setelah seluruh sampel terkumpul kemudian dianalisis di Laboratorium Kesehatan Daerah Propvinsi Lampung. Variabel kualitas air yang dianalisis bakteri *Coliform*.

Analisis Data

Analisis data penelitian ini menggunakan pendekatan permodelan regresi linear sederhana (OLS: *Ordinary Least Square*). Variabel dependen yang diuji adalah konsentrasi *Coliform*. Sedangkan variable independen adalah sifat biofisik lingkungan yang meliputi jarak kandang dari sumur, jumlah anggota keluarga, jumlah ternak, lama beternak, jenis lantai kandang, kedalaman sumur, kedalaman muka air, diameter sumur, jenis dinding sumur, cincin sumur, pH air, jenis bahan induk, vegetasi dominan di sekitar kandang, kemiringan lereng, dan posisi sumur terhadap kandang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Regressi

Hasil analisis regresi linear dari kandungan bakteri *Coli (Coliform)* sebagai variable Y dan faktor-faktor yang lain seperti jarak kandang dari sumur, jumlah ternak, jumlah anggota keluarga dan lain-lain sebagai variable X adalah persamaan regresi sebagai berikut:

$$[Y_COL] = - 413 + 173 [pH] + 195 [JTRNK] + 29,9 [JKLG] + 18,1 [LBTR] - 115 [JKD] - 272 [LNKDG] - 13,1 [D_SMR] - 161 [JNS_SMR] + 98 [DDG_SMR] + 89 [CCN] - 303 [BIN_TNH] + 177 [PSG] + 442 [D1_LV] + 567 [D1_BWH]$$

dengan S = 334,555, R-Sq = 80,7%, R-Sq(adj) = 64,8%, dan P-value = 0,001

Keterangan:

[Y_COL]	:	Total <i>Coliform</i> MPN/100 ml	[D1_BWH]	:	sumur di bawah kandang
[pH]	:	pH air sumur	[DDG_SMR]	:	Dinding sumur
[JTRNK]	:	Jumlah ternak	[CCN]	:	Cincin sumur
[JKLG]	:	Jumlah anggota keluarga	[BIN_TNH]	:	Bahan induk tanah
[LBTR]	:	Lama beternak	[PSG]	:	Ada tanaman pisang
[JKD]	:	Jarak kandang dari sumur	[D1_LV]	:	Posisi sumur sejajar
[LNKDG]	:	Lantai kandang	[JNS_SMR]	:	Jenis sumur
[D_SMR]	:	Kedalaman sumur			

Hasil analisis regresi dari 14 variabel diperoleh P-value sebesar 0,001, yang menunjukkan bahwa ke-14 variabel secara bersama berpengaruh nyata terhadap kandungan *Coliform* pada sumur-sumur di lingkungan peternak sapi rakyat di daerah Natar dan Jatiagung, Kabupaten Lampung Selatan, dan hanya 1:1000 yang tidak berpengaruh.

Variabel yang berpengaruh terhadap kandungan bakteri Coli

Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 14 variabel yang diduga berpengaruh terhadap kandungan bakteri Coli, ternyata hanya 4 variabel yang berpengaruh nyata terhadap kandungan bakteri Coli pada $\alpha = 0,1$ yaitu jumlah ternak, jarak sumur dari kandang, posisi sumur terhadap kandang sejajar atau tidak, dan posisi sumur di bawah kandang atau sejajar/di atas.

Tabel 1. *Coefficient, Standard Error Coefficient, T-value dan P-value* dari masing-masing variabel yang dapat berpengaruh terhadap kandungan *Coliform* dalam air sumur.

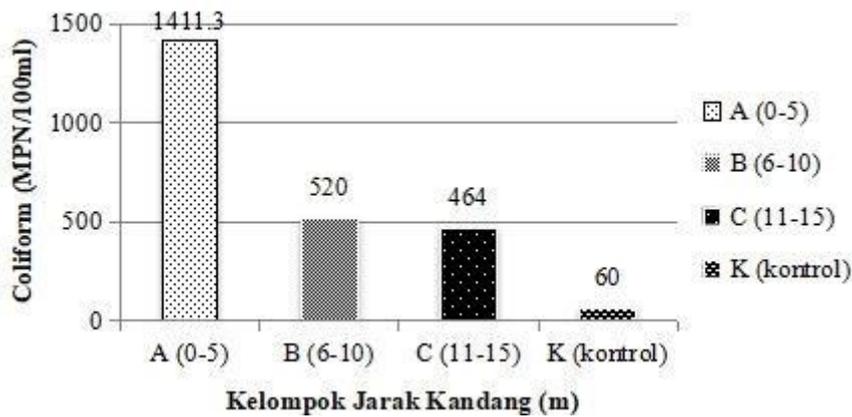
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	Signifikansi
Constant	-413,00	1436,00	-0,29	0,777	ns
[pH]	172,80	243,70	0,71	0,488	ns
[JTRNK]	194,58	55,31	3,52	0,003	s
[JKLG]	29,88	62,79	0,48	0,640	ns
[LBTR]	18,08	10,89	1,66	0,115	ns
[JKD]	-115,16	24,35	-4,73	0,000	s
[LNKDG]	-272,10	173,70	-1,57	0,136	ns
[D_SMR]	-13,09	16,85	-0,78	0,448	ns
[JNS_SMR]	-160,70	457,80	-0,35	0,730	ns
[DDG_SMR]	98,50	253,80	0,39	0,703	ns
[CCN]	88,70	239,00	0,37	0,715	ns
[BIN_TNH]	-302,80	215,80	-1,40	0,178	ns
[PSG]	177,50	207,70	0,85	0,405	ns
[D1_LV]	441,80	172,60	2,56	0,020	s
[D1_BWH]	566,60	303,00	1,87	0,079	s

Keterangan: ns = tidak signifikan; s = signifikan pada $\alpha = 0.10$ (penelitian lapang)

Jarak Sumur dari Kandang Sapi

Dari keempat variabel yang berpengaruh terhadap kandungan bakteri Coli, jarak kandang dari sumur merupakan faktor yang paling nyata dalam mempengaruhi kandungan bakteri Coli, yaitu dengan P-value mendekati 0 (nol) (Tabel 1). Setiap penambahan jarak satu meter, maka kandungan bakteri Coli akan berkurang sebesar 115,16 MPN/100 ml air.

Melalui diagram batang yang sederhana dapat dilihat dengan mudah bahwa kandungan bakteri Coli tertinggi terdapat pada kelompok A yaitu dengan jarak kandang antara 0 hingga 5 meter dengan rata-rata sebesar 1411,3 MPN/100 ml (Gambar 1). Semakin jauh jarak kandang dari sumur maka kandungan bakteri Colinya menurun, namun kandungan bakteri Coli pada kelompok B (520 MPN/100 ml) dan C (464 MPN/100 ml) tidak jauh selisihnya, kecuali pada kontrol yang jauh (> 50 m) dari kandang sapi memiliki kandungan bakteri Coli yang rendah (60 MPN/100 ml).

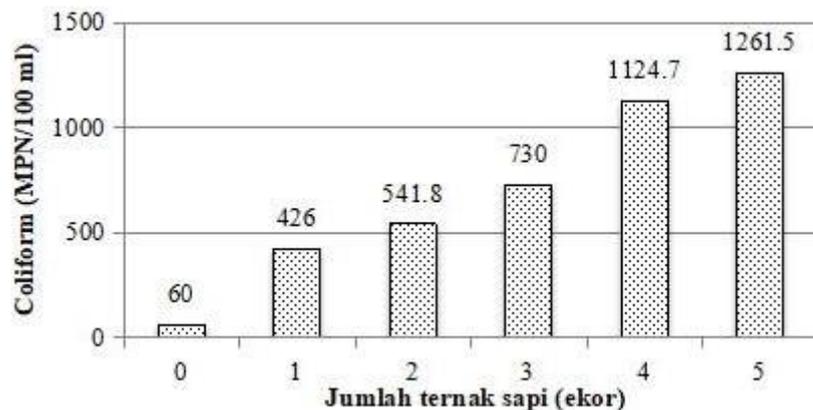


Gambar 1. Rata-rata kandungan bakteri Coli pada kelompok jarak kandang

Jumlah Ternak Sapi

Variabel kedua yang berpengaruh nyata terhadap kandungan bakteri Coli adalah jumlah ternak dengan P-value 0,003 (Tabel 1). Hal ini sangat mudah difahami mengingat semakin banyak jumlah ternak maka akan semakin banyak pula kotoran yang dihasilkan, sehingga akan lebih banyak pula bakteri Coli yang ada dan akan mengalir ke sumur. Setiap penambahan satu ekor sapi maka kandungan bakteri air sumur akan bertambah 194,58 MPN/100 ml.

Gambar 2 menunjukkan grafik diagram batang dari kandungan bakteri Coli yang meningkat sesuai dengan pertambahan jumlah ternak sapi. Selaras dengan analisis regressi di atas yang memiliki P-value sebesar 0,003 atau nyata, grafik diagram batang pada Gambar 2 juga menunjukkan gambaran yang jelas mengenai kenaikan jumlah bakteri Coli akibat pertambahan jumlah ternak sapi.



Gambar 2. Rata-rata kandungan bakteri Coli pada setiap jumlah ternak sapi (ekor)

Posisi Sumur terhadap Kandang Sapi

Posisi sumur terhadap kandang, terutama yang berada di bawah kandang dibandingkan yang sejajar atau di atas kandang merupakan variable penting yang berpengaruh nyata terhadap kandungan bakteri Coli, karena jumlah bakteri Coli akan bertambah sebesar 566,60 MPN/100 ml air bila posisi sumur berada di bawah kandang. Sesuai dengan grafitasi bumi, air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, baik di permukaan tanah maupun melalui lapisan-lapisan di bawah permukaan tanah, sehingga bakteri Coli yang berada di posisi tanah yang lebih tinggi akan mengalir ke bagian bawah dan akan masuk ke dalam sumur bila di bawah kandang terdapat sumur.

Variabel lain yang berpotensi terhadap kandungan bakteri Coli

Meskipun tidak signifikan (nyata), tetapi beberapa variabel lain ada yang mendekati nyata atau yang berpotensi dalam meningkatkan atau bertambahnya kandungan bakteri Coli yaitu lamanya beternak sapi (P-value = 0,115), lantai kandang (P-value = 0,136) dan bahan induk tanah (P-value = 0,178) (Tabel 1).

Semakin lama petani dalam beternak sapi menyebabkan terjadinya akumulasi kotoran ternak di sekitar kandang karena pada umumnya petani menimbun atau mengumpulkan kotoran sapi di dekat

kandang dan menunggu menjadi matang dan siap diangkut ke ladang sebagai pupuk. Penumpukan kotoran sapi dekat kandang bila terkena air hujan menyebabkan bakteri Coli ikut dalam aliran air yang sebagian akan mengalir ke dalam sumur, akibatnya akan menyebabkan kandungan bakteri Coli dalam air sumur meningkat. Setiap pertambahan 1 tahun lama beternak maka jumlah bakteri Coli akan bertambah 18,08 MPN/100 ml air (Tabel 1).

Lantai kandang sapi ada 2 macam yaitu tanah dan yang disemen. Dengan penyemenan lantai kandang maka lantai kandang akan lebih kedap sehingga bakteri Coli tidak langsung ikut meresap ke dalam tanah, tetapi akan mengalir melalui selokan, akibatnya kandungan bakteri Coli akan berkurang sebesar 272,1 MPN/100 ml air (Tabel 1). Bila lantai kandang tidak disemen dan masih berupa tanah, maka urin sapi yang bercampur dengan kotoran sapi akan membawa bakteri Coli meresap ke dalam tanah yang selanjutnya sebagian akan mengalir ke sumur, terutama bila posisi sumur sejajar dengan kandang dan akan semakin parah bila posisi sumur di bawah kandang.

Jenis bahan induk tanah juga berpotensi terhadap kandungan bakteri Coli. Beternak sapi rakyat secara konvensional pada tanah di daerah Fajar Baru yang berbahan induk andesit (batuan beku ekstrusif sedang) memiliki kandungan bakteri Coli yang lebih rendah sebesar 302,8 dibandingkan dengan di daerah Natar yang berbahan induk Tufa masam (Tabel 1).

Tanah yang berbahan induk andesit, di daerah tropika basah akan membentuk tanah Latosol yang struktur tanahnya lebih stabil dan konsistensi yang gembur hingga ke lapisan bawah sehingga tidak terdapat lapisan bawah yang kedap terhadap air. Dengan demikian air seni sapi maupun air hujan yang bercampur dengan kotoran sapi akan mengalirkan bakteri Coli secara vertikal di sekitar kandang terus ke bawah dan tidak banyak yang mengalir secara lateral atau horizontal. Sementara pada tanah yang terbentuk dari tufa masam akan membentuk tanah Podsolik Merah kuning yang pada umumnya memiliki lapisan bawah yang padat dan lebih kedap terhadap air, akibatnya bakteri Coli lebih berpotensi untuk mengalir secara horizontal di atas permukaan tanah maupun secara lateral di atas lapisan yang kedap air. Akibatnya, bakteri Coli yang terbawa aliran air dapat memasuki sumur meskipun letak kandangnya cukup jauh dari sumur.

KESIMPULAN

Faktor yang nyata berpengaruh terhadap kandungan bakteri Coli adalah jarak kandang dari sumur, jumlah ternak dan posisi kandang terhadap sumur. Setiap pertambahan 1 m jarak kandang dari sumur maka kandungan bakteri Coli akan berkurang 115, MPN/100 ml. Setiap pertambahan 1 ekor sapi maka kandungan bakteri Coli akan bertambah 194,58 MPN/100 ml air. Kandungan bakteri Coli akan bertambah 566,6 MPN/10 ml jika posisi kandang di atas sumur. Ada kecenderungan jika lantai kandang disemen maka kandungan bakteri Coli akan berkurang sebesar 272,10 MPN/100 ml.

SARAN

Rekomendasi yang perlu diberikan kepada peternak sapi rakyat adalah dengan membuat kandang sebaiknya minimal 10 meter dan kalau bisa lebih dari 10 meter. Sebaiknya membuat kandang di bawah posisi sumur jika tanahnya miring dan lantai kandang perlu disemen.

DAFTAR PUSTAKA

- Cabral, J.P.S. (2010). Water microbiology. Bacterial Pathogens and Water. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7 (10), 3657–3703.
- Dyah, D.A. (2015). *Konsumsi Daging Sapi Orang Indonesia Masih Rendah*. <http://www.antarane.ws.com/berita/527724/konsumsi-daging-sapi-orang-indonesia-masih-rendah>
- Fuhrmeister, E.R., Schwab, K.J. & Julian, T.R. (2015). Estimates of nitrogen, phosphorus, biochemical oxygen demand, and fecal coliforms entering the environment due to inadequate sanitation treatment technologies in 108 low and middle income countries. *Environ. Sci. Technol.* 49 (9), 11604–11611.
- Graham, J.P. & Polizzotto, M.L. (2013). Pit Latrines And Their Impacts On Groundwater Quality: A Systematic Review. *Environ. Health Perspect.* 121, 521–530.

- Handoyo. (2014). *Kebutuhan Daging Sapi 2015 Mencapai 640.000 Ton*.
<http://www.tribunnews.com/bisnis/2014/10/28/kebutuhan-daging-sapi-2015-mencapai-640000-ton>
- Harvey, R. H., George, L. H., Smith, R. L. & LeBlanc, D. R. (1989). Transport of microspheres and indigenous bacteria through a sandy aquifer: results of natural- and forced-gradient tracer experiments. *Environ. Sci. Technol.* 23: 51–56.
- Jamieson, R. C., Gordon, R. J., Sharples, K. E., Stratton, G. W. & Madani, A. (2002). Movement and persistence of fecal bacteria in agricultural soils and subsurface drainage water: a review. *Can. Biosyst. Eng.* 44:1.1–1.9.
- Prüss-Üstün, A., Bos, R., Gore, F., & Bartram, J. (2008). *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. World Health Organization, Geneva.
- Reddy, K. R., Khaleel, R. & Overcash, M. R. (1981). Behavior and transport of microbial pathogens and indicator organisms in soils treated with organic waters. *J. Environ. Qual.* 10:255–266.
- Schriewer, A., Odagiri, M., Wuertz, S., Misra, P.R., Panigrahi, P., Clasen, T., & Jenkins, M. W. (2015). Human and animal fecal contamination of community water sources, stored drinking water and hands in rural India measured with validated microbial source tracking assays. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 93, 509–516.
- Soloraya Online. (2011). *27 warga di Cawas terserang Muntaber*.
<http://solorayaonline.com/2011/04/28/27-warga-di-cawas-terserang-muntaber/>
- Stuart, B., Joseph, E., Rebecca, H., Kruk, M.E., Maria, C.L., Michalak, A.M., Bhramar, Mukherjee, B., Renne, E., Stein, E., Watkins, C. & Wilson, M.L. (2009). Sustainable control of water-related infectious diseases: a review and proposal for inter-disciplinary health-based systems research. *Environ. Health Perspect.* 117, 1023–1032.
- Unc, A., & Goss, M. J. (2003). Movement of faecal bacteria through the vadose zone. *Water Air Soil Poll.* 149:327–337.
- Walker, C.L.F., Rudan, I., Li, L., Nair, H. Theodoratou, E., Bhutta, Z.A., O'Brien, K.L., Campbell, H., & Black, R.E. (2013). Global burden of childhood pneumonia and diarrhoea. *Lancet* 381, 1405–1416.