

## **Kajian Pustaka: Potensi Transmisi *Methicillin* Resistant *Staphylococcus aureus* Antar Ternak dan Manusia**

*(POTENTIAL TRANSMISSION OF METHICILLIN-RESISTANT  
STAPHYLOCOCCUS AUREUS (MRSA) BETWEEN  
LIVESTOCK ANIMALS AND HUMANS: A REVIEW ARTICLE)*

**Indah Budi Utami<sup>1</sup>,  
Sarasati Windria<sup>2,3\*</sup>, Adi Imam Cahyadi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Sarjana Program Studi Kedokteran Hewan,  
<sup>2</sup>Departemen Ilmu Kedokteran Dasar, Divisi Mikrobiologi,  
<sup>3</sup>Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadajaran,  
Jalan Raya Bandung-Sumedang km 21,  
Hegarmanah, Jatinangor, Sumedang,  
Jawa Barat, Indonesia 45363  
\*email: [sarasati.windria@unpad.ac.id](mailto:sarasati.windria@unpad.ac.id)

### **ABSTRACT**

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) is a multidrug-resistant strain of *S. aureus* bacteria with a mortality rate range from 30 to 50% in humans. The decreased sensitivity of MRSA to vancomycin, the drug of choice for MRSA infections, makes MRSA a priority of antimicrobial-resistant pathogen for research and therapeutic development. Transmission of MRSA between animals and humans was first to be reported in the early 1970s, followed by the discovery of livestock-associated MRSA (LA-MRSA) ST-398 in 2003. Veterinarians, ranchers, and dairy farmers had higher rates of MRSA colonization due to their close relationship with livestock. The need to identify the potential transmission routes, risk factors that can cause MRSA transmission between livestock and humans, and its prevention is the basis for this research. This research was conducted by analyzing related literature obtained from online databases such as Google Scholar and PubMed, based on predetermined research criteria. Reported potential transmission routes include direct contact and airborne transmission. Several risk factors such as direct contact with livestock, antibiotic use as growth promoters, and living in areas close to livestock areas can cause MRSA transmission between livestock and humans. The use of masks, the application of good hygiene and sanitation, and screening for MRSA colonization in livestock and humans are some of the efforts that could prevent MRSA transmission between livestock and humans.

Keywords: livestock; MRSA; potential route; prevention; risk factor

### **ABSTRAK**

*Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) merupakan galur multiresisten dari bakteri *S. aureus* dengan tingkat mortalitas mencapai 30-50% pada manusia. Penurunan kepekaan MRSA terhadap vankomisin, *drug of choice* dari infeksi MRSA, menjadikan MRSA sebagai patogen resisten antimikroba prioritas untuk penelitian dan perkembangan terapi. Pada awal tahun 1970, transmisi MRSA antar hewan dan manusia pertama kali dilaporkan. Hal ini disusul dengan penemuan *livestock-associated* MRSA (LA-MRSA) pada tahun 2003 dengan tipe ST-398. Dokter hewan, peternak, dan pemerah susu memiliki tingkat kolonisasi MRSA yang lebih tinggi karena kedekatan hubungan dengan ternak. Perlunya identifikasi rute transmisi potensial, faktor resiko yang dapat menyebabkan transmisi MRSA antar ternak dan manusia, serta pencegahannya menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis literatur terkait yang didapat dari *online database* Google Scholar dan PubMed, berdasarkan kriteria penelitian yang telah ditentukan. Rute transmisi potensial yang dilaporkan meliputi kontak langsung dan

transmisi melalui udara (*airborne*). Beberapa faktor risiko seperti kontak langsung dengan ternak, penggunaan antibiotik sebagai *growth promoter*, serta tinggal pada daerah yang dekat dengan kawasan peternakan dapat menyebabkan transmisi MRSA antar ternak dan manusia. Penggunaan masker, penerapan higiene dan sanitasi yang baik, dan *screening* kolonisasi MRSA pada ternak dan manusia, merupakan beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah transmisi MRSA antar ternak dan manusia.

Kata-kata kunci: faktor risiko; MRSA; pencegahan; rute transmisi; ternak

## PENDAHULUAN

*Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) merupakan galur multiresistan dari bakteri *S. aureus* terhadap antimikrob metisilin dan golongan  $\beta$ -laktam (Rahmaniar *et al.*, 2020). *Mortality rate* dari infeksi MRSA adalah 30-50%, dengan tingkat kematian 64% lebih tinggi dari penderita infeksi bakteri *drug-sensitive* pada manusia (WHO, 2013). Penurunan kepekaan MRSA terhadap vankomisin, *drug of choice* dari infeksi MRSA, diidentifikasi pada tahun 2002 di Amerika Serikat dan sering menimbulkan kegagalan terapi (McGuinness *et al.*, 2017).

World Health Organization (2017) menetapkan MRSA sebagai prioritas 2 (*high priority*) patogen resistan antimikrob untuk penelitian dan perkembangan terapi. Akibat resistansi yang tinggi, pasien yang terinfeksi MRSA akan memiliki masa perawatan yang lebih lama, menggunakan pilihan obat yang lebih mahal, hingga menimbulkan risiko transmisi mikrob pada tenaga kesehatan maupun kepada pasien lainnya dalam lingkungan rumah sakit atau klinik (Erikawati *et al.*, 2016). Sementara itu CDC (2019) melaporkan bahwa kematian akibat infeksi MRSA mencapai 10.600 jiwa dari 323.700 kasus dengan *hospitality cost* mencapai 1,7 miliar dolar Amerika Serikat pada tahun 2017.

Bakteri MRSA telah berhasil diidentifikasi dari berbagai jenis hewan termasuk ternak dan unggas. Transmisi MRSA antar hewan dan manusia dilaporkan pertama kali pada awal tahun 1970 (Cuny *et al.*, 2015). Hal ini disusul dengan penemuan *livestock-associated* MRSA (LA-MRSA) pada tahun 2003, yang merupakan galur MRSA pada hewan dengan tipe ST-398 (van Nes and Wulf, 2012). Pengobatan mastitis klinis dengan antimikrob penisilin, aminopenisilin, cefalosporin, dan cloxasilin menjadi salah satu faktor risiko terjadinya wabah MRSA pada ternak (Juhász-Kaszanyitzky *et al.*, 2007).

Dokter hewan, peternak, dan pemerah susu memiliki tingkat kolonisasi MRSA lebih tinggi karena eratnya kontak dengan hewan ternak (Juhász-Kaszanyitzky *et al.*, 2007). Faktor risiko transmisi LA-MRSA antar ternak dan manusia di antaranya adalah luas peternakan, sistem peternakan, serta penerapan higiene dan sanitasi kandang (Cuny *et al.*, 2015). Penyebaran LA-MRSA juga diperantarai oleh perdagangan ternak (*animal trading*) dari suatu peternakan ke peternakan lainnya (Broens *et al.*, 2011). Kegagalan terapi akibat penurunan MRSA terhadap vankomisin, *drug of choice* dari infeksi MRSA. Walaupun pilihan terapi untuk MRSA terus dikembangkan, hasilnya belum mampu melampaui keberhasilan vankomisin (Pastagia *et al.*, 2012).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan sebuah studi literatur tradisional yang dilakukan dengan menganalisis secara deskriptif artikel ilmiah yang diperoleh secara *online database* Google Scholar dan PubMed dengan memasukkan kata kunci kunci yaitu "MRSA", "route", "transmission", "human", "livestock", "poultry", "risk factor" dan "MRSA prevention". Artikel ilmiah diseleksi kembali berdasarkan kriteria inklusi yaitu literatur yang dipublikasikan pada tahun 2000-2020, berbahasa Indonesia atau Inggris, merupakan penelitian primer, membahas mengenai transmisi MRSA, faktor risiko yang memengaruhi transmisi MRSA antar ternak dan manusia, dan pencegahannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi literatur ini telah dilakukan pada 54 literatur yang terbagi menjadi sejumlah 36 literatur diperoleh dari database Google Scholar dan 18 literatur diperoleh dari database PubMed yang sesuai dengan kriteria inklusi penelitian.

Tabel 1. Rute transmisi *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) antar ternak dan manusia

Hewan	Rute	Manusia	Metode Identifikasi MRSA	Referensi
Babi	Kontak Langsung	Peternak, Pekerja	DNA <i>microarray</i> , MLST, <i>Antibiotic susceptibility testing</i> , <i>whole genome sequencing</i>	(Sahibzada <i>et al.</i> , 2017)
			<i>spa</i> -typing, PFGE	(Van den Broek <i>et al.</i> , 2009)
			<i>spa</i> -typing	(Ruhlmann <i>et al.</i> , 2008)
	Penyebaran Melalui Udara	Peternak, anggota keluarga peternak	Media kultur, PCR, PFGE, <i>spa</i> -typing	(Khanna <i>et al.</i> , 2008)
			PCR, PFGE, media kultur, <i>antibiotic susceptibility test</i>	(Lozano <i>et al.</i> , 2011)
			PCR, PFGE, media kultur, <i>antibiotic susceptibility test</i>	(Lozano <i>et al.</i> , 2011b)
Sapi	Kontak Langsung	Peternak, anggota keluarga peternak	Media kultur, PCR, <i>spa</i> typing	(Van cleef <i>et al.</i> , 2015)
		Peternak	Media kultur, <i>spa</i> typing, PCR, <i>air sampler</i> MAS-100 NT®	(Schmithausen <i>et al.</i> , 2015)
	Kontak Langsung	Relawan penelitian	<i>Spa</i> typing, GSP <i>air sampler</i>	(Angen <i>et al.</i> , 2017)
		Peternak	Media kultur, <i>multiplex</i> -PCR	(Unnerstad <i>et al.</i> , 2018)
Kambing	Kontak Langsung	Peternak	<i>whole genome sequencing</i> , <i>disk diffusion test</i>	(Abraham <i>et al.</i> , 2017)
		Peternak	<i>spa</i> -typing	(Spohr <i>et al.</i> , 2011)
	Kontak Langsung	Peternak (pemilik)	PCR, <i>disk diffusion test</i> , MLST	(Loncaric <i>et al.</i> , 2013)
Unggas (broiler)	Kontak Langsung	Peternak	<i>spa</i> -typing, MLST, <i>antibiotic susceptibility test</i>	(Egyir <i>et al.</i> , 2020)
		Peternak	PCR, <i>gel electrophoresis</i>	(Hado & Assafi, 2021)
	Penyebaran melalui udara	Peternak	Media kultur, <i>disk diffusion test</i>	(Oke & Oke, 2013)
Kuda	Kontak Langsung	Peternak	GilAir 5 ( <i>personal air sampler</i> ), Media kultur, RT-PCR, <i>spa</i> typing	(Friese <i>et al.</i> , 2013)
		Peternak dan Dokter Hewan	Media kultur, PCR, MLST, <i>spa</i> typing	(Graveland <i>et al.</i> , 2010)
		Dokter Hewan	<i>spa</i> -typing	(Moodley <i>et al.</i> , 2006)
		Staf Rumah Sakit Hewan	PCR, <i>spa</i> -typing, MLST	(Cuny <i>et al.</i> , 2009)

**Rute Transmisi.**

**Kontak Langsung.** Kontak langsung telah diketahui sebagai jalur utama dari transmisi MRSA (Tabel 1) dan dipengaruhi oleh durasi dan intensitas kontak antar ternak dan manusia (Kock *et al.*, 2013). Hal ini sejalan dengan studi yang dilakukan Graveland *et al.* (2011) bahwa terdapat penurunan prevalensi transmisi MRSA tanpa adanya kontak langsung sebesar 58%. Risiko kolonisasi MRSA pada manusia dengan kontak regular harian dengan ternak lebih tinggi

168 kali dibandingkan dengan yang tidak (Cuny *et al.*, 2009).

Rendahnya prevalensi transmisi MRSA tanpa adanya kontak langsung dengan ternak diduga oleh tingkat transmisi rendah dari MRSA (Verkade *et al.*, 2014; Sahibzada *et al.*, 2017). Bakteri MRSA yang beradaptasi pada tubuh ternak dan kemudian ditransmisikan kembali pada manusia umumnya mengalami penurunan kemampuan transmisi dan virulensi pada manusia (Price *et al.*, 2012). Assafi dan Hado

(2021) melaporkan adanya transmisi MRSA yang berasal dari manusia kepada 10 unggas di Duhok, Iraq, yang dibuktikan dengan kesamaan genotipe. Transmisi ini diperantarai oleh kontak langsung peternak dengan unggas atau melalui kontak dengan MRSA di lingkungan kandang yang berasal dari feses dan *droplet* unggas.

Loncaric *et al.* (2013) melaporkan kasus transmisi MRSA antar kambing dan manusia, setelah tiga ekor kambing sebelumnya mati secara mendadak dengan hasil uji positif MRSA. Pemilik peternakan tersebut terbukti positif MRSA galur yang sama dengan kambing tersebut, yaitu ST398 dan diketahui setiap harinya memberi makan dan sering kontak dengan kambing tersebut. Penyebaran MRSA dari kuda yang dirawat di rumah sakit hewan ke dokter hewan dan pemilik kuda telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Cuny *et al.*, 2009).

**Penyebaran Melalui Debu Kandang (*airborne*).** Udara yang berada dalam kandang babi telah diketahui berperan sebagai media transmisi umum MRSA (Schmithausen *et al.*, 2015; Friese *et al.*, 2012; Schulz *et al.*, 2012). Sementara itu Feld *et al.* (2018) melaporkan hasil studi yang menunjukkan bahwa waktu paruh LA-MRSA dalam debu kandang di peternakan babi adalah lima hari dengan *die-off rate* 66 hari, pada konsentrasi LA-MRSA dalam debu kandang sebesar  $7,4 \times 10^4$  CFU per meter persegi, dengan tingkat kontaminasi debu kandang peternakan babi oleh MRSA lebih tinggi 30% pada musim panas (Schulz *et al.*, 2012). Ketahanan LA-MRSA dalam debu kandang ini dapat dipengaruhi oleh komposisi dan struktur partikel debu, strain bakteri, kelembapan relatif, dan suhu lingkungan (Madsen *et al.*, 2018).

Studi yang dilakukan oleh Schmithausen *et al.* (2015) menunjukkan terdeteksinya MRSA pada sampel udara pada 34 dari 35 peternakan babi di Jerman dan Belanda. Sampel udara tersebut diambil pada ketinggian 1,2 m dari dasar kandang dan pintu kandang dalam posisi tertutup. Penemuan serupa dilaporkan oleh van Cleef *et al.* (2015), bahwa MRSA terdeteksi pada 98% sampel dari *electrostatic dust collectors* (EDCs) yang terdapat pada kandang. Aktivitas dalam kandang dan eksposur terhadap udara kandang yang terkontaminasi MRSA menunjukkan keterkaitan dalam transmisi MRSA dari ternak babi ke manusia.

Angen *et al.* (2017) melaporkan bahwa pada 34 relawan yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok pasif dan aktif,

kelompok aktif melakukan aktivitas dalam kandang seperti menangkap babi, mengambil sampel pada babi, dan membersihkan kandang babi, hasilnya ternyata memiliki tingkat kolonisasi MRSA lebih tinggi (186%) dibandingkan kelompok pasif. Hal ini diduga terjadi akibat aktivitas yang dilakukan memicu penyebaran debu kandang yang terkontaminasi oleh MRSA. Tingkat kontaminasi MRSA di atas 310 CFU/m<sup>3</sup> menyebabkan kolonisasi nasal MRSA pada seluruh relawan/*volunteer* penelitian.

Rute transmisi MRSA antar ternak dan manusia yang paling penting adalah melalui kontak langsung. Hau *et al.* (2018) menyatakan bahwa LA-MRSA memiliki kemampuan untuk berikatan dengan kuat pada sel keratinosit manusia. Kontak dengan ternak secara berulang dapat menyebabkan MRSA bertahan lebih lama (persisten) pada tubuh peternak, didukung juga oleh kemampuan bakteri MRSA untuk bertahan hingga 66 hari dalam debu kandang (Feingold *et al.*, 2012; Feld *et al.*, 2018; Chen dan Wu., 2021). Oleh karena itu, penerapan *farming practices* yang baik seperti penggunaan sarung tangan dan masker serta pengolahan limbah yang baik dapat dilakukan untuk mengurangi transmisi MRSA antar ternak dan manusia (Topp, 2017; Chen dan Wu, 2021).

Selain LA-MRSA ST398, terdapat beberapa galur MRSA asal hewan yang masih berdekatan dengan ST398 dan ditemukan pada manusia, yaitu ST9, ST97, dan ST39 yang diisolasi dari unggas dan daging babi di Jerman dan ditemukan pada manusia (Köck *et al.*, 2013). Strain yang umum ditemukan di Asia adalah ST5, serta ST97 yang umum ditemukan pada manusia, babi, dan sapi di Italia. Transmisi MRSA ST1 dari pekerja di peternakan babi di Norwegia pada babi tahap penggemukan telah dilaporkan (Elström *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan tidak semua strain MRSA yang ditemukan pada ternak berasal dari ternak, namun juga dapat berasal dari manusia yang kemudian beradaptasi pada tubuh ternak.

### Faktor Risiko

Manusia yang bekerja dengan ternak (Tabel 2) memiliki prevalensi MRSA yang lebih tinggi (14,2%) dibanding dengan masyarakat umum (0,8-1,3%). Prevalensi MRSA pada manusia yang bekerja dengan ternak masing-masing adalah 18,2% pada peternak, 9,4% pada dokter hewan, 2,6% pada pekerja di Rumah Potong Hewan (RPH), dan 5,7% pada tukang



Tabel 2. Faktor risiko transmisi Methicillin Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) antar ternak dan manusia

Faktor Resiko	Hewan	Manusia	Referensi
Bekerja dengan Ternak ( <i>Occupational risk</i> )	Babi, Unggas	Peternak, Pejagal RPH, Dokter Hewan	(Van Cleef <i>et al.</i> , 2015), (Jayaweera <i>et al.</i> , 2017), (Denis <i>et al.</i> , 2009), (Cuny <i>et al.</i> , 2009), (Geenen <i>et al.</i> , 2013), (Mulders <i>et al.</i> , 2010), (Graveland <i>et al.</i> , 2011a), (Graveland <i>et al.</i> , 2011b), (Garcia-Graells <i>et al.</i> , 2011), (Lewis <i>et al.</i> , 2008), (Wulf <i>et al.</i> , 2008)
Perpindahan Ternak	Babi, Unggas	Peternak	(Mulders <i>et al.</i> , 2010), (Sieber <i>et al.</i> , 2018), (Grøntvedt <i>et al.</i> , 2016), (Espinosa-Gongora <i>et al.</i> , 2012)
Penggunaan AGP ( <i>antibiotic growth promoter</i> ) dan <i>feed additive</i>	Babi	Peternak	(Schmithausen <i>et al.</i> , 2015), (Schijffelen <i>et al.</i> , 2010), (Zaheer <i>et al.</i> , 2017), (Egyir <i>et al.</i> , 2020)
Tinggal dekat area peternakan radius 500 m - 4.500 m	Babi	Peternak, Anggota Keluarga Peternak, Masyarakat	(Anker <i>et al.</i> , 2018), (Zomer <i>et al.</i> , 2017), (Geenen <i>et al.</i> , 2013)
Kontaminasi MRSA pada produk asal hewan	Babi, Sapi, Unggas	Masyarakat	(Rodríguez-Lázaro <i>et al.</i> , 2015), (Crago <i>et al.</i> , 2012), (Pu <i>et al.</i> , 2009), (van Loo <i>et al.</i> , 2007), (O'Brien <i>et al.</i> , 2012), (Fessler <i>et al.</i> , 2011), (Al-Ashmawy <i>et al.</i> , 2016)

daging. Tingginya prevalensi MRSA pada peternak ini disebabkan oleh intensitas eksposur harian terhadap ternak (Liu *et al.*, 2015). van Cleef *et al.* (2015) melaporkan bahwa sebanyak 98% dari peternak yang bekerja pada kandang selama 10 jam per hari ditemukan terkolonisasi MRSA.

Mulders *et al.* (2010) melaporkan pekerja pada Rumah Potong Ayam *broiler* yang berperan sebagai “*hanger*” dan berperan dalam proses *stunning* konvensional memiliki risiko lebih tinggi terpapar MRSA sebesar 20.3%. Hal ini terjadi karena intensitas kontak dengan hewan yang tinggi. Studi tersebut menjelaskan bahwa penggunaan metode *stunning* konvensional dapat menyebabkan peningkatan debu yang terkontaminasi MRSA akibat *broiler* mengepakkan sayap saat sekarat secara berlebihan, dan debu telah dideskripsikan sebagai vektor transmisi MRSA dari hewan ke manusia (Van Cleef *et al.*, 2015; Angen *et al.*, 2017).

Penggunaan antibiotik khususnya pada bidang peternakan, diketahui sebagai salah satu hal yang bertanggungjawab dalam penyebaran bakteri resistan (Schmithausen *et al.*, 2015).

Antibiotik dalam dosis sub-terapeutik dapat meningkatkan terjadinya resistansi antimikrob Sieber *et al.* (2018) melaporkan penggunaan tetrasiklin, aminoglikosida, dan makrolida menyebabkan adaptasi MRSA pada antibiotik tersebut dan meningkatkan sifat resistansinya. Gen resistansi ini dapat ditransmisikan secara horizontal melalui pencernaan hewan dan pada akhirnya menjadi kontaminan pada lingkungan. Transmisi silang MRSA antar hewan dan manusia kemudian dapat terjadi (Bortolami *et al.*, 2017; Jayaweera *et al.*, 2017).

Studi berbasis populasi yang dilakukan di Denmark oleh Anker *et al.* (2018) menunjukkan bahwa terdapat peningkatan risiko infeksi MRSA sebesar 15% pada penduduk yang bermukim dekat dengan wilayah peternakan (jarak rata-rata 2.500 – 4.500 meter). Studi yang dilakukan Zomer *et al.* (2017) menunjukkan bahwa adanya peningkatan kolonisasi MRSA terhadap penduduk yang tinggal dekat dengan peternakan pada jarak antara 500-1000 m, walaupun tidak ada kontak langsung dengan ternak. Kolonisasi MRSA tersebut terjadi melalui eksposur lingkungan yang terkontaminasi MRSA, seperti

penggunaan tinja/manur asal ternak (Bisdorff *et al.*, 2012; Zomer *et al.*, 2017).

Perpindahan ternak antar peternakan dapat menjadi salah satu faktor risiko penyebaran MRSA dari ternak babi ke manusia. Studi yang dilakukan Mulders *et al.* (2010) menunjukkan terjadinya transmisi MRSA dari peti transport ayam pada pekerja RPH, walaupun peti tersebut telah dibersihkan secara rutin. Hal ini sejalan dengan studi yang dilakukan Sieber *et al.* (2018), bahwa peternakan babi yang menerima babi dari peternakan lain yang teridentifikasi MRSA memiliki peningkatan tingkat insidensi MRSA empat kali lipat (4.22/0.23) lebih besar dari peternakan babi yang menerima babi dari peternakan yang bebas MRSA.

Kontaminasi MRSA pada produk pangan asal ternak dapat menjadi faktor risiko lain dalam transmisi MRSA antar ternak manusia. Kitai *et al.* (2005) melaporkan kontaminasi pada daging ayam mentah sebesar 65%, Weese *et al.* (2010) melaporkan kontaminasi sebesar 7,7%, de Boer *et al.* (2009) melaporkan kontaminasi sebesar 11,9%. Sementara itu, prevalensi MRSA pada susu dari sapi yang terjangkit mastitis mencapai 10% dan 13% di India (Kumar *et al.*, 2010; Kumar *et al.*, 2011). Alian *et al.* (2012) melaporkan prevalensi MRSA pada susu sapi mencapai 28%.

Kontaminasi produk pangan asal ternak ini dapat terjadi pada proses penyembelihan ternak yang terkolonisasi MRSA, sehingga daging ternak tersebut terkontaminasi

(Kluytmans, 2010). Bakteri *S. aureus* telah diketahui sebagai agen bakterial umum yang menyebabkan mastitis pada sapi perah. Kontaminasi MRSA pada susu yang berasal dari sapi perah dengan mastitis dapat terjadi akibat ekskresi langsung MRSA dari ambing sapi dengan fluktuasi bervariasi dari 0-180 CFU/mLsusu (Peles *et al.*, 2007). Kluytmans (2010) menyatakan bahwa risiko transmisi MRSA melalui produk pangan asal ternak secara garis besar bergantung pada penerapan higiene dan sanitasi, jumlah MRSA yang terdapat pada produk, dan kemampuan strain MRSA untuk menyebabkan kolonisasi pada individu.

**Upaya Pencegahan**

Penggunaan masker dapat berguna untuk memberikan perlindungan personal terhadap MRSA, mengurangi risiko transmisi sekunder ke lingkungan, dan juga mencegah transmisi MRSA dari manusia ke ternak (Grøntvedt *et al.*, 2016; Angen *et al.*, 2019). Masker respirator jenis P2 (3M 8822) diketahui berhasil mengurangi transmisi MRSA dari debu kandang ke manusia hingga 37% (Nathaus *et al.*, 2011; Angen *et al.*, 2019).

Penerapan higiene dan sanitasi yang baik yang dapat diterapkan untuk mencegah transmisi MRSA (Tabel 3) antar peternak dan sapi perah yaitu selalu mencuci tangan dengan antiseptik, penggantian sarung tangan perah per sapi, melakukan celup putting/*teat dipping*, serta menjaga kebersihan dari peralatan yang

Tabel 3. Upaya Pencegahan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) yang dapat diterapkan oleh manusia

No.	Upaya Pencegahan	Referensi
1.	Penggunaan Alat Pelindung Diri (sarung tangan, masker)	(Van cleef <i>et al.</i> , 2015), (Nathaus <i>et al.</i> , 2011), (Angen <i>et al.</i> , 2017), (Angen <i>et al.</i> , 2019), (Boost <i>et al.</i> , 2012), (Geenen <i>et al.</i> , 2013), (Elstrøm <i>et al.</i> , 2019), (Wulf <i>et al.</i> , 2008)
2.	Mencuci Tangan	(Boost <i>et al.</i> , 2012), (Unnerstad <i>et al.</i> , 2018).
3.	Pengobatan luka terbuka akibat infeksi MRSA	(Lozano <i>et al.</i> , 2011) (Lozano <i>et al.</i> , 2011b)
4.	Pengolahan produk pangan asal ternak yang baik	(Campbell <i>et al.</i> , 2014), (Dhanashekar <i>et al.</i> , 2012), (Khairullah <i>et al.</i> , 2020)
5.	Screening kolonisasi MRSA pada peternak dan orang yang kontak erat dengan peternak	(Cuny <i>et al.</i> , 2009), (Sieber <i>et al.</i> , 2018), (Elstrøm <i>et al.</i> , 2019), (Lewis <i>et al.</i> , 2008)
6.	Penyediaan ruang ganti atau ruang sterilisasi pada peternakan	(Geenen <i>et al.</i> , 2013)
7.	Desinfeksi area dan peralatan kerja	(van Cleef <i>et al.</i> , 2015)

digunakan dalam prosedur pemerahan susu (Unnerstad *et al.*, 2018). Geenen *et al.* (2013) menyatakan bahwa pencegahan transmisi MRSA dari peternakan *broiler* ke lingkungan rumah di antaranya yaitu penyediaan fasilitas seperti ruang ganti baju atau ruang sterilisasi pada peternakan *broiler*.

Menurut CDC (2020) cuci tangan perlu dilakukan dengan sabun selama 20 detik. Pilihan antiseptik yang dapat digunakan untuk LA-MRSA yaitu *chlorhexidine*, *poly(vinylpyrrolidone)-iodine complex*, dan *triclosan*, dengan mengikuti anjuran pakai yang ditetapkan dalam produk, serta tidak mengencerkan sediaan saat hendak dipakai karena dapat mengurangi konsentrasi dan efektivitas sediaan tersebut (Dittman *et al.*, 2019). Rilis CDC (2021) berupa daftar desinfektan yang dapat digunakan untuk membasmi MRSA dari lingkungan dan alat di rumah maupun peternakan, di antaranya adalah Clorox Bleach, Performacide, Halospray, Lexx Liquid Sanitizer dan Cleaner Concentrate.

Penggunaan antibiotik tanpa pengawasan dan resep dokter hewan harus dilarang dalam lingkup peternakan. *Screening* rutin dan analisis terhadap residu antibiotik yang terdapat pada produk pangan asal ternak harus dilakukan sebelum distribusi dilakukan (Manyi-Loh *et al.*, 2018). Suplemen, prebiotik, probiotik, serta sinbiotik dapat menjadi alternatif pengganti

untuk mengurangi penggunaan antibiotik (Topp, 2017). Broens *et al.* (2011) melaporkan bahwa terdapat MRSA *load* pada ternak akibat mengurangi penggunaan antibiotik.

Pentingnya melakukan *screening* kolonisasi dan infeksi MRSA pada peternak dan anggota keluarga peternak untuk mencegah dan mengurangi prevalensi penyebaran LA-MRSA dalam lingkungan rumah sakit dan fasilitas kesehatan (Sieber *et al.*, 2018). Peningkatan biosekuriti dan pelaksanaan *screening* MRSA jika melakukan impor ternak, semen, maupun embrio untuk mencegah masuknya MRSA ke Swedia telah dilakukan. Ternak impor diuji MRSA dengan pengambilan sampel kulit dan lingkungan sebanyak tiga kali. Ternak positif MRSA tidak diperbolehkan masuk ke peternakan dalam negeri dan disarankan untuk dimusnahkan (Höjgård *et al.*, 2015).

Upaya pencegahan juga dapat dilakukan terhadap produk asal ternak seperti susu. Pemanasan susu selama satu jam hanya dapat mengurangi jumlah toksin saja, namun toksin dapat hilang seluruhnya jika dimasukan ke dalam autoklaf pada 15 psi selama 20 menit (Dhanashekar *et al.*, 2012; Khairullah *et al.*, 2020). Studi yang dilakukan oleh Campbell *et al.* (2014) menunjukkan penurunan kontaminasi MRSA paling sedikit 5.5 log<sub>10</sub> pada makanan olahan daging asal sapi dan babi yang dimasak hingga suhu internal 70°C dan kemudian didinginkan hingga suhu 7.2°C.

Tabel 4. Upaya Pencegahan yang dapat diterapkan pada Ternak

No.	Hewan	Upaya Pencegahan	Referensi
1.	Seluruh Ternak	Penggunaan antibiotik secara rasional	(Zaheer <i>et al.</i> , 2017), (Dahms <i>et al.</i> , 2014)
2.	Sapi	<i>Teat dipping</i> , <i>culling</i> sapi positif MRSA  Mengatur jarak antar sapi, isolasi sapi yang terdeteksi MRSA, menyikat kotoran, memandikan sapi secara rutin	(Unnerstad <i>et al.</i> , 2018)  (Khairullah <i>et al.</i> , 2020)
3.	Babi	<i>Screening</i> MRSA pada ternak, semen, dan embrio impor serta pemberlakuan karantina  <i>Screening</i> dan depopulasi ternak babi yang terdeteksi MRSA	(Höjgård <i>et al.</i> , 2015)  (Grøntvedt <i>et al.</i> , 2016), (Elstrøm <i>et al.</i> , 2019), (Wulf <i>et al.</i> , 2008)

## SIMPULAN

Rute transmisi MRSA antar ternak dan manusia terdiri atas kontak langsung dan penyebaran melalui udara yang terkontaminasi MRSA. Beberapa faktor risiko yang dapat mendukung transmisi MRSA antar ternak dan manusia adalah bekerja dengan ternak (*occupational risk*), penggunaan antibiotik sebagai *growth promoter* dan penggunaan *feed additive*, kontaminasi produk pangan asal hewan, perpindahan ternak, dan tinggal dekat area peternakan dalam radius 500 m – 4.500 m. Untuk mencegah transmisi MRSA antar ternak dan manusia, dapat dilakukan beberapa upaya seperti memakai *masker*, mencuci tangan, uji tapis/*screening test* MRSA pada ternak, manusia dan produk pangan asal hewan, penerapan hygiene dan sanitasi yang baik, menggunakan antibiotik secara rasional, serta pemusnahan (*culling*) ternak terinfeksi MRSA.

## SARAN

Informasi yang terdapat dalam artikel ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai sumber awal dari transmisi, untuk memudahkan strategi pencegahan dan pengobatan akibat dari transmisi MRSA antar ternak dan manusia. Perlunya pengadaan uji tapis/*screening test* MRSA rutin bagi ternak, manusia yang bekerja, serta produk pangan asal ternak harus dilakukan uji ini untuk dapat memutus mata rantai penyebaran MRSA di dalam lingkungan kerja maupun ke lingkungan luar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran, serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian studi literatur ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [CDC] Centers for Disease Control and Prevention. 2019. *Biggest Threats and Data: 2019 AR Threats Report*. Diakses melalui <https://www.cdc.gov/drugresistance/biggest-threats.html#mrsa> pada Januari 2021.
- [CDC] Centers for Disease Control and Prevention. 2020. *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA)*. Diakses melalui <https://www.cdc.gov/mrsa/community/photos/photo-mrsa-6.html> pada Maret 2021
- [WHO] World Health Organization. 2013. *Antimicrobial Resistance: Fact Sheets*. Diakses melalui <http://bit.ly/2Mf5UPM> pada Desember 2020.
- [WHO] World Health Organization. 2017. *Global Priority List of Antibiotic-Resistant Bacteria to Guide Research, Discovery, and Development of New Antibiotics*. Diakses melalui [https://www.who.int/medicines/publications/WHO-PPL-Short\\_Summary\\_25Feb\\_ET\\_NM\\_WHO.pdf](https://www.who.int/medicines/publications/WHO-PPL-Short_Summary_25Feb_ET_NM_WHO.pdf) pada November 2020.
- Abraham S, Jagoe S, Pang S, Coombs GW, O’Dea M, Kelly J, Khazandi M, Petrovski KR, Trott, DJ. 2017. Reverse zoonotic transmission of community-associated MRSA ST1-IV to a dairy cow. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 50(1): 125-126.
- Al-Ashmawy MA, Sallam KI, Abd-Elghany SM, Elhadidy M, Tamura T. 2016. Prevalence, molecular characterization, and antimicrobial susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from milk and dairy products. *Foodborne Pathogens and Disease* 13(3), 156-162.
- Alian F, Rahimi E, Shakerian A, Momtaz H, Riahi M, Momeni M. 2012. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine, sheep and goat raw milk. *Global Veterinaria* 8(2): 111-114.
- Angen Ø, Feld L, Larsen J, Rostgaard K, Skov R, Madsen AM, Larsen AR. 2017. Transmission of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to human volunteers visiting a swine farm. *Applied and Environmental Microbiology* 83(23): e01489-17.
- Angen Ø, Skade L, Urth TR, Andersson M, Bækbo P, Larsen AR. 2019. Controlling transmission of MRSA to humans during short-term visits to swine farms using dust masks. *Frontiers in Microbiology* 9, 3361.



- Anker J CH, Koch A, Ethelberg S, Mølbak K, Larsen J, Jepsen MR. 2018. Distance to pig farms as risk factor for community-onset livestock-associated MRSA CC398 infection in persons without known contact to pig farms—A nationwide study. *Zoonoses and Public Health* 65(3): 352-360.
- Assafi MS, Hado HA, Abdulrahman IS. 2020. Detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in broiler and broilers farm workers in Duhok, Iraq by using conventional and PCR techniques. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences* 34(1): 15-22.
- Bisdorff B, Scholhölter JL, Claussen K, Pulz M, Nowak D, Radon K. 2012. MRSA-ST398 in livestock farmers and neighbouring residents in a rural area in Germany. *Epidemiology & Infection* 140(10), 1800-1808.
- Boost MV, Wong A, Ho J, & O'Donoghue M. 2013. Isolation of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) from retail meats in Hong Kong. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10(8), 705-710.
- Bortolami A, Williams NJ, McGowan CM, Kelly PG, Archer DC, Corró M, Timofte D. 2017. Environmental surveillance identifies multiple introductions of MRSA CC398 in an Equine Veterinary Hospital in the UK, 2011–2016. *Scientific Reports* 7(1), 1-9.
- Broens EM, Graat EAM, Van der Wolf PJ, Van de Giessen AW, Van Duijkeren E, Wagenaar JA, De Jong MCM. 2011. MRSA CC398 in the pig production chain. *Preventive Veterinary Medicine* 98(2-3): 182-189.
- Broens EM, Espinosa-Gongora C, Graat EA, Vendrig N, van der Wolf PJ, Guardabassi L, Butaye P, Nielsen JP, De Jong MCM, Van De Giessen AW. 2012b. Longitudinal study on transmission of MRSA CC398 within pig herds. *BMC Vet Res* 8: 58. doi:10.1186/1746-6148-8-58
- Campbell JA, Dickson JS, Cordray JC, Olson DG, Mendonca AF, Prusa KJ. 2014. Survival of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* during thermal processing of frankfurters, summer sausage, and ham. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(1), 50-54.
- Chen C, Wu F. 2021. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) colonisation and infection among livestock workers and veterinarians: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine* 78(7): 530-540.
- Crago B, Ferrato C, Drews SJ, Svenson LW, Tyrrell G, Louie M. 2012. Prevalence of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) in food samples associated with foodborne illness in Alberta, Canada from 2007 to 2010. *Food Microbiology*, 32(1), 202-205.
- Cuny C, Nathaus R, Layer F, Strommenger B, Altmann D, Witte W. 2009. Nasal colonization of humans with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) CC398 with and without exposure to pigs. *PloS One* 4(8), e6800.
- Cuny C, Wieler LH, Witte W. 2015. Livestock-associated MRSA: the impact on humans. *Antibiotics* 4(4): 521-543.
- Dahms C, Hübner NO, Cuny C, Kramer A. 2014. Occurrence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in farm workers and the livestock environment in Mecklenburg-Western Pomerania, Germany. *Acta Veterinaria Scandinavica* 56(1): 1-8.
- De Boer E, Zwartkruis-Nahuis JTM, Wit B, Huijsdens XW, De Neeling AJ, Bosch T, Heuvelink AE. 2009. Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in meat. *International Journal of Food Microbiology* 134(1-2): 52-56.
- Denis O, Jans B, Deplano A, Nonhoff, C, De Ryck R, Suetens C, Struelens MJ. 2009. Epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) among residents of nursing homes in Belgium. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 64(6): 1299-1306.
- Dhanashekar R, Akkinapalli S, Nellutla A. 2012. Milk-borne infections. An analysis of their potential effect on the milk industry. *Germs* 2(3): 101-109.
- Dittmann K, Schmidt T, Müller G, Cuny C, Holtfreter S, Troitzsch D, Pfaff P, Hübner NO. 2019. Susceptibility of livestock-associated methicillin-resistant

- Staphylococcus aureus (LA-MRSA) to chlorhexidine digluconate, octenidine dihydrochloride, polyhexanide, PVP-iodine and triclosan in comparison to hospital-acquired MRSA (HA-MRSA) and community-acquired MRSA (CA-MRSA): a standardized comparison. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* 8(1), 1-9.
- Egyir B, Hadjirin NF, Gupta S, Owusu F, Agbodzi B, Adogla-Bessa T, Addo KK, Stegger M, Larsen AR, Holmes MA. (2020). Whole-genome sequence profiling of antibiotic-resistant Staphylococcus aureus isolates from livestock and farm attendants in Ghana. *Journal of Global Antimicrobial Resistance* 22: 527-532.
- Elstrøm P, Grøntvedt CA, Gabrielsen C, Stegger M, Angen Ø, Åmdal S, Engt H, Urdahl AM, Jore S, Steinback M, Sunde M. 2019. Livestock-associated MRSA CC1 in Norway; introduction to pig farms, zoonotic transmission, and eradication. *Frontiers in Microbiology* 10, 139.
- Erikawati D, Santosaningsih D, Santoso S. 2016. Tingginya prevalensi MRSA pada isolat klinik periode 2010-2014 di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang, Indonesia. *Jurnal Kedokteran Brawijaya* 29(2): 149-156.
- Espinosa-Gongora C, Broens EM, Moodley A, Nielsen JP, Guardabassi L. 2012. Transmission of MRSA CC398 strains between pig farms related by trade of animals. *Veterinary Record* 170(22): 564-564.
- Feingold BJ, Silbergeld EK, Curriero FC, van Cleef BA, Heck ME, Kluytmans JA. 2012. Livestock density as risk factor for livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases* 18(11): 1841.
- Feld L, Bay H, Angen Ø, Larsen AR, Madsen AM. 2018. Survival of LA-MRSA in dust from swine farms. *Annals of Work Exposures and Health* 62(2): 147-156.
- Elstrøm P, Grøntvedt CA, Gabrielsen C, Stegger M, Angen Ø, Åmdal S, Sunde M. 2019. Livestock-associated MRSA CC1 in Norway; introduction to pig farms, zoonotic transmission, and eradication. *Frontiers in Microbiology* 10, 139.
- Fessler AT, Kadlec K, Hassel M, Hauschild T, Eidam C, Ehricht R, Monecke S, Schwarz S. 2011. Characterization of methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolates from food and food products of poultry origin in Germany. *Applied and Environmental Microbiology* 77(20): 7151-7157.
- Friese A, Schulz J, Hoehle L, Fetsch A, Tenhagen BA, Hartung J, Roesler U. 2012. Occurrence of MRSA in air and housing environment of pig barns. *Veterinary Microbiology* 158(1-2): 129-135.
- Garcia-Graells C, Antoine J, Larsen J, Catry B, Skov R, Denis O. 2012. Livestock veterinarians at high risk of acquiring methicillin-resistant Staphylococcus aureus ST398. *Epidemiology & Infection* 140(3): 383-389.
- Geenen PL, Graat EAM, Haenen A, Hengeveld PD, Van Hoek AHAM, Huijsdens XW, Kappert CC, Lammers GAC, Van Duijkeren E, Van De Giessen AW. 2013. Prevalence of livestock-associated MRSA on Dutch broiler farms and in people living and/or working on these farms. *Epidemiology & Infection* 141(5): 1099-1108.
- Gilbert MJ, Bos ME, Duim B, Urlings BA, Heres L, Wagenaar JA, Heederik DJ. 2012. Livestock-associated MRSA ST398 carriage in pig slaughterhouse workers related to quantitative environmental exposure. *Occupational and Environmental Medicine* 69(7): 472-478.
- Graveland H, Wagenaar JA, Heesterbeek H, Mevius D, Van Duijkeren E, Heederik D. 2010. Methicillin resistant Staphylococcus aureus ST398 in veal calf farming: human MRSA carriage related with animal antimicrobial usage and farm hygiene. *Plos One* 5(6): e10990.
- Graveland H, Wagenaar JA, Bergs K, Heesterbeek H, Heederik D. 2011. Persistence of livestock associated MRSA CC398 in humans is dependent on intensity of animal contact. *Plos One* 6(2), e16830.

- Grøntvedt CA, Elstrøm P, Stegger M, Skov RL, Andersen SP, Larssen KW, Amdal S, Lodvedt SM, Sunde M, Bjørnholt JV. 2016. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 in humans and pigs in Norway: a “One Health” perspective on introduction and transmission. *Clinical Infectious Diseases* 63(11): 1431-1438.
- Hau SJ, Kellner S, Eberle KC, Waack U, Brockmeier SL, Haan JS, Davies PR, Frana T, Nicholson TL. 2018. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* sequence type (ST) 5 isolates from health care and agricultural sources adhere equivalently to human keratinocytes. *Applied and Environmental Microbiology* 84(2): e02073-17.
- Höjgård S, Aspevall O, Bengtsson B, Hæggman S, Lindberg M, Mieziwska K, Nilsson S, Unnerstad HE, Viske D, Wahlström H. 2015. Preventing introduction of livestock associated MRSA in a pig population—benefits, costs, and knowledge gaps from the Swedish perspective. *PloS One* 10(4): e0122875.
- Jayaweera JAAS, Kumbukgolla WW. 2017. Antibiotic resistance patterns of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from livestock and associated farmers in Anuradhapura, Sri Lanka. *Germs* 7(3): 132.
- Juhász-Kaszanyitzky E, Jánosi S, Somogyi P, Dán A, van der Graaf-van Bloois L, van Duijkeren E, Wagenaar JA. 2007. MRSA transmission between cows and humans. *Emerging Infectious Diseases* 13(4): 630–632.
- Khairullah AR, Sudjarwo SA, Effendi MH, Harijani N, Tyasningsih W, Rahmahani J, Permatasari DA, Ramandinianto SC, Widodo A, Riwu KHP. 2020. A Review of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on Milk and Milk Products: Public Health Importance. *Sys Rev Pharm* 11(8): 59-69.
- Khanna T, Friendship R, Dewey C, Weese JS. 2008. Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* colonization in pigs and pig farmers. *Veterinary Microbiology* 128(3-4): 298-303.
- Kitai S, Shimizu A, Kawano J, Sato E, Nakano C, Uji T, Kitagawa H. 2005. Characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from retail raw chicken meat in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science* 67(1): 107-110.
- Kluytmans JAJW. 2010. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in food products: cause for concern or case for complacency?. *Clinical Microbiology and Infection* 16(1): 11-15.
- Köck R, Schaumburg F, Mellmann A, Köksal M, Jurke A, Becker K, Friedrich AW. 2013. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) as causes of human infection and colonization in Germany. *PloS One* 8(2), e55040.
- Kumar R, Yadav BR, Singh RS. 2010. Genetic determinants of antibiotic resistance in *Staphylococcus aureus* isolates from milk of mastitic crossbred cattle. *Current Microbiology* 60(5): 379-386.
- Kumar, R, Yadav BR, Singh RS. 2011. Antibiotic resistance and pathogenicity factors in *Staphylococcus aureus* isolated from mastitic Sahiwal cattle. *Journal of biosciences* 36(1): 175-188.
- Lewis HC, Mølbak K, Reese C, Aarestrup FM, Selchau M, Sørum M, Skov RL. 2008. Pigs as source of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 infections in humans, Denmark. *Emerging Infectious Diseases* 14(9): 1383.
- Liu W, Liu Z, Yao Z, Fan Y, Ye X, Chen S. 2015. The prevalence and influencing factors of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carriage in people in contact with livestock: A systematic review. *American Journal of Infection Contro*, 43(5): 469-475.
- Loncaric I, Künzel F, Licka T, Simhofer H, Spargser J, Rosengarten R. 2014. Identification and characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) from Austrian companion animals and horses. *Veterinary Microbiology* 168(2-4): 381-387.
- Lozano C, Aspiroz C, Ara M, Gómez-Sanz E, Zarazaga M, Torres C. 2011. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ST398 in a farmer with

- skin lesions and in pigs of his farm: clonal relationship and detection of *lnu* (A) gene. *Clinical Microbiology and Infection* 17(6): 923-927.
- Lozano C, Aspiroz C, Ezpeleta AI, Gómez-Sanz E, Zarazaga M, Torres C. 2011b. Empyema caused by MRSA ST398 with atypical resistance profile, Spain. *Emerging Infectious Diseases* 17(1): 138.
- Madsen AM, Kurdi I, Feld L, Tendal, K. (2018). Airborne MRSA and total *Staphylococcus aureus* as associated with particles of different sizes on Pig Farms. *Annals of Work Exposures and Health* 62(8): 966-977.
- Manyi-Loh C, Mamphweli S, Meyer E, Okoh A. 2018. Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications. *Molecules (Basel, Switzerland)* 23(4): 795. <https://doi.org/10.3390/molecules23040795>
- McGuinness WA, Malachowa N, DeLeo FR. 2017. Vancomycin Resistance in *Staphylococcus aureus*. *Yale J Biol Med* ;90(2): 269-281. PMID: 28656013; PMCID: PMC5482303.
- Moodley A, Stegger M, Bagcigil AF, Baptiste KE, Loeffler A, Lloyd DH, Williams DH, Nicola J; Nola L; Yvonne A; Skov R; Guardabassi L. 2006. spa typing of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from domestic animals and veterinary staff in the UK and Ireland. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 58(6): 1118-1123.
- Mulders MN, Haenen APJ, Geenen, PL, Vesseur PC, Poldervaart ES, Bosch T, Huijsdens XW, Hengeveld PD, Dam-Deisz WDC, Graat EAM, Mevius D, Voss A,
- Van De Giessen AW. 2010. Prevalence of livestock-associated MRSA in broiler flocks and risk factors for slaughterhouse personnel in The Netherlands. *Epidemiology & Infection* 138(5): 743-755.
- Nathaus R, Schulz J, Hartung J, Cuny C, Fetsch A, Blaha, T, Meemken D. 2011. Investigations into the use of respiratory masks for reducing the MRSA-exposure of veterinarians visiting regularly pig herds--first experiences. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 124(3-4): 128-135.
- Oke AJ, Oke A. 2013. Incidence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in a small poultry in south-west, Nigeria. *IOSR J Agri Vet Sci* 2013;5:53-55. Doi: 10.9790/2380-0535355.
- O'Brien AM, Hanson BM, Farina SA, Wu JY, Simmering JE, Wardyn SE, Forshey BM, Kulick ME, Wallinga DB, Smith TC. 2012. MRSA in conventional and alternative retail pork products. *PLoS One* 7(1): e30092.
- Pastagia M, Kleinman LC, Lacerda de la Cruz EG, Jenkins SG. 2012. Predicting Risk for Death from MRSA Bacteremia. *Emerging Infectious Diseases* 18(7): 1072-1080. <https://dx.doi.org/10.3201/eid1807.101371>.
- Peles F, Wagner M, Varga L, Hein I, Rieck P, Gutser K, Keresztúri P, Kardos G, Turcsányi I, Béri B,
- Szabó A. 2007. Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine milk in Hungary. *International Journal of Food Microbiology* 118(2): 186-193
- Price LB, Stegger M, Hasman H, Aziz M, Larsen J, Andersen PS, Pearson T, Waters AE, Foster JT, Schupp J, Gillece J, Driebe E, Liu CM, Springer B, Zdovc I, Battisti A, Franco A, Zmudzki J, Schwarz S, Butaye P, Jouy E, Pomba C, Porrero MC, Ruimy R, Smith TC, Robinson DA, Weese JS, Arriola CS, Yu F, Laurent F, Keim P, Skov R, Aarestrup FM
- Aarestrup FM. 2012. *Staphylococcus aureus* CC398: host adaptation and emergence of methicillin resistance in livestock. *MBio* 3(1): e00305-11.
- Pu S, Han F, Ge B. 2009. Isolation and characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains from Louisiana retail meats. *Applied and Environmental Microbiology* 75(1): 265-267.
- Rahmaniar RP, Yunita MN, Effendi MH, Yanestria SM. 2020. Encoding Gene for Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Isolated from Nasal Swab of Dogs. *Indian Vet. J* 97(2): 37-40.
- Rasmussen RV, Fowler VG Jr, Skov R, Bruun NE. 2011. Future challenges and treatment of *Staphylococcus aureus* bacteremia



- with emphasis on MRSA. *Future Microbiology* 6(1): 43–56.
- Rodríguez-Lázaro D, Oniciuc EA, García PG, Gallego D, Fernández-Natal I, Dominguez-Gil M, Eiros-Bouza JM, Wgner M, Nicolau AI, Hernández M. (2017). Detection and characterization of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* in foods confiscated in EU borders. *Frontiers in Microbiology* 8: 1344.
- Ruhlmann CH, Kolmos HJ, Kristiansen JE, Skov R. 2008. Pigs as an infection source for methicillin resistant *Staphylococcus aureus* infections in humans. *Ugeskrift for laeger* 170(43): 3436-3436.
- Sahibzada S, Abraham S, Coombs GW, Pang S, Hernández-Jover M, Jordan D, Heller J. 2017. Transmission of highly virulent community-associated MRSA ST93 and livestock-associated MRSA ST398 between humans and pigs in Australia. *Scientific Reports* 7(1): 1-11
- Schijffelen MJ, Boel CE, van Strijp JA, Fluit AC. 2010. Whole genome analysis of a livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 isolate from a case of human endocarditis. *BMC Genomics* 11(1): 1-10.
- Schmithausen RM, Schulze-Geisthoevel SV, Stemmer F, El-Jade M, Reif M, Hack S, Meilaender A, Montabauer G, Fimmers R, Parcina M, Hoerauf A, Exner M, Petersen B, Bierbaum G,
- Bekeredjian-Ding, I. 2015. Analysis of transmission of MRSA and ESBL-E among pigs and farm personnel. *PloS one* 10(9): e0138173.
- Schulz J, Friese A, Klees S, Tenhagen BA, Fetsch A, Rösler U, Hartung J. 2012. LA-MRSA contamination of air and soil surfaces in the vicinity of pig barns: A longitudinal study. *Applied and Environmental Microbiology* 78(16): 5666-5671.
- Sieber RN, Skov RL, Nielsen J., Schulz J, Price LB, Aarestrup FM, Larsen AR, Stegger M, Larsen J. 2018. Drivers and dynamics of methicillin-resistant livestock-associated *Staphylococcus aureus* CC398 in pigs and humans in Denmark. *MBio* 9(6): e02142-18.
- Spohr M, Rau J, Friedrich A, Klittich G, Fetsch A, Guerra B, Hammerl JA, Tenhagen BA. 2011. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in three dairy herds in southwest Germany. *Zoonoses and Public Health* 58(4): 252-261.
- Topp E. 2017. Antimicrobial Resistance and One Health: Agriculture and Agri-Food Canada's research program on antimicrobial resistance. *Canada Communicable Disease Report* 43(11): 224.
- Unnerstad HE, Mieziwska K., Börjesson S, Hedbäck H, Strand K, Hallgren T, Landin H, Skarin J, Bengtsson B. 2018. Suspected transmission and subsequent spread of MRSA from farmer to dairy cows. *Veterinary Microbiology* 225: 114-119.
- van Cleef BA, van Benthem BH, Verkade EJ, van Rijen MM, Kluytmans-van den Bergh MF, Graveland H, Bosch T, Koen MHW Verstappen Wagenaar JA, Bos MEH<sup>9</sup>, Dick Heederik D., Kluytmans JAJW Kluytmans AJW. 2015. Livestock-associated MRSA in household members of pig farmers: transmission and dynamics of carriage, a prospective cohort study. *PloS One* 10(5): e0127190.
- van Den Broek IVF, Van Cleef BAGL, Haenen A, Broens EM, Van der Wolf PJ, Van Den Broek MJM, Huijsdens XW, Kluytmans JAJW, van de Gressen AW, Tiemersma EW. 2009. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in people living and working in pig farms. *Epidemiology & Infection* 137(5): 700-708.
- van Loo I, Huijsdens X, Tiemersma E, De Neeling A, van de SandeBruinsma N, Beaujean D, Voss A, Kluytmans J. 2007. Emergence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* of animal origin in humans. *Emerging Infectious Diseases* 13(12): 1834.
- van Nes A, Wulf MWH. 2012. MRSA in animals and humans: occurrence and control. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 99.
- Verkade E, Kluytmans-van den Bergh M, Van Benthem B, van Cleef B, van Rijen M, Bosch T, Schouls L, Kluytmans

- J. 2014. Transmission of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 from livestock veterinarians to their household members. *PloS One* 9(7): e100823.
- Weese JS, Avery BP, Reid-Smith RJ. 2010. Detection and quantification of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) clones in retail meat products. *Letters in Applied Microbiology* 51(3): 338-342.
- Wulf MWH, Tiemersma E, Kluytmans J, Bogaers D, Leenders ACAP, Jansen MWH, Berkhout J, Ruijters F, Haverkate D, Isken M, Voss A. 2008. MRSA carriage in healthcare personnel in contact with farm animals. *Journal of Hospital Infection* 70(2): 186-190.
- Yuwono Y. 2010. Pandemi Resistensi Antimikroba: Belajar dari MRSA. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Unsri* 42(1): 2837- 2841.
- Zaheer Z, Rahman SU, Zaheer I, Abbas, G, Younas T. 2017. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in poultry-an emerging concern related to future epidemic. *MatrixSci Medica* 1(1), 15-18.
- Zomer TP, Wielders CC, Veenman C, Hengeveld P, van der Hoek W, de Greeff SC, de Smit LAM, Heederik DJ, Yzermans CJ, Bosch T, Maassen CBM, van Duijkeren E. 2017. MRSA in persons not living or working on a farm in a livestock-dense area: prevalence and risk factors. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 72(3): 893-899.