
KUAT MEDAN LISTRIK AC DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN KOLONI *Staphylococcus aureus* DAN *Escherichia coli*

Emilia Devi Dwi Rianti¹, Putu Oky Ari Tania^{1*}, Agusniar Furkani Listyawati²

¹Bagian Biomedik Penelitian Biomolekuler, Fakultas Kedokteran, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XXV/54, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60225

²Bagian Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XXV/54, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60225

*Corresponding author: putu.oky@gmail.com

Naskah diterima: 16 September 2021; Direvisi: 21 November 2021; Disetujui: 20 Maret 2022

ABSTRAK

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram positif yang merupakan patogen penyebab peningkatan jumlah penyakit dan kematian setiap tahun. Bakteri ini berkolonisasi di hidung dan kulit manusia sehingga menyebabkan berbagai penyakit. Resistensi bakteri patogen terhadap antibiotik merupakan satu permasalahan besar yang membutuhkan strategi khusus dalam penanganannya. Salah satunya dengan penggunaan medan listrik AC digital sebagai pengendali pertumbuhan bakteri patogen *S. aureus* dan *E. coli*. Penelitian merupakan penelitian eksperimental dengan biakan bakteri *S. aureus* dan *E. coli* yang masing-masing dibagi menjadi 4 kelompok yaitu K0, K1, K2 dan K3 berdasarkan variasi kuat medan listrik AC yaitu 200 V/m, 400 V/m dan 600 V/m dengan waktu paparan 5 menit. Data diambil berupa jumlah koloni bakteri. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh kuat medan listrik terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *E. coli*. Semakin besar kuat medan magnet, maka pertumbuhan kedua bakteri semakin terhambat ditandai dengan kecilnya jumlah koloni yang hidup. Hasil uji statistik menunjukkan nilai $p < 0,001$ dengan uji ANOVA pada *E. coli* dan $p < 0,001$ menggunakan uji Kruskal-Wallis pada *S. aureus*.

Kata Kunci: *Escherichia coli*; jumlah koloni; medan listrik AC; *Staphylococcus aureus*

ABSTRACT

Strength of AC electricity for inhibiting of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* colony growth. *Staphylococcus aureus* is a gram-positive bacteria as human pathogen, causing an increase in the number of diseases and deaths every year. The bacteria growing in the nose and skin of humans and can cause some illnesses. Resistance of pathogenic bacteria to antibiotics is one of the biggest problems and the typical strategies are necessary, such as the use of AC electricity to inhibit the growth of *S. aureus* and *E. coli*. This research was an experimental study with *S. aureus* and *E. coli* bacteria is divided into 4 groups, each, there are K0, K1, K2 and K3 based on variations in the AC electric field, 200 V/m, 400 V/m

and 600 V/m for 5 minutes. The study showed that there is effect of AC electricity to *S. aureus* and *E. coli* growth. The stronger AC electricity, the growth of those two bacteria is more inhibited. It is marked with smaller viable colony. Statistical test results obtained p value < 0.001 with ANOVA test on *Escherichia coli* and $p < 0.001$ using Kruskal-Wallis test on *Staphylococcus aureus*.

Keywords : AC electricity; colony number; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*

PENDAHULUAN

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat dengan diameter 0,7-1,2 μm , berkelompok tidak teratur seperti buah anggur, tidak membentuk spora, fakultatif anaerob, dan tidak bergerak. Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 37°C, namun pada suhu kamar (20°C - 25°C) akan membentuk pigmen. Warna pigmen yang terbentuk mulai dari abu-abu hingga kuning keemasan dengan koloni berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Lebih dari 90 % isolat klinik menunjukkan morfologi *S. aureus* dengan kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam virulensi bakteri (Karimela *et al.*, 2017).

Infeksi *S. aureus* merupakan salah satu penyebab meningkatnya jumlah penyakit dan kematian (Rahman *et al.*, 2018). Pada hidung dan kulit manusia, terdapat bakteri yang berkolonisasi sehingga dapat menyebabkan beberapa penyakit seperti infeksi kulit, *endokarditis* (Rahmadani, 2017), *bakteremia*, *pneumonia*, *meningitis*, *osteomyelitis*, *sepsis* dan *toxic shock syndrome* (Rahmadani, 2017; Amelia & Burhanuddin, 2018). Salah satu tantangan dalam pengobatan infeksi oleh *S. aureus* adalah adanya *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) dan *Vankomisin Resistant Staphylococcus aureus* (VRSA) yaitu resistensi *S. aureus* terhadap antibiotik. Selain itu, munculnya strain baru *S. aureus* juga menambah masalah kesehatan di masyarakat. Oleh karena itu, strategi baru diperlukan untuk menghindari meluasnya resistensi (Wikananda *et al.*, 2019).

Infeksi bakteri lainnya yang juga menjadi masalah kesehatan masyarakat adalah akibat *E. coli*. Bakteri tersebut merupakan anggota *Enterobacteriaceae* dengan ciri bersifat Gram negatif dan berbentuk batang (Lestari, 2017; Rahman *et al.*, 2018; Hamida *et al.*, 2019). *Escherichia coli* merupakan mikroflora normal

pada usus, namun dapat menjadi patogen pada kondisi tertentu, termasuk ditemukan sebagai bakteri penyebab infeksi saluran kemih (Widianingsih & De Jesus, 2018; Prabowo & Habib, 2012), infeksi saluran pencernaan (Lestari, 2017), dan infeksi luka pasca operasi (Alharbi *et al.*, 2019). Beberapa bukti menunjukkan bahwa bakteri dapat mengalami resistensi terhadap antibiotik, untuk itu perlu dikembangkan metode alternatif yang berpotensi untuk menghambat pertumbuhan bakteri, seperti paparan medan listrik.

Tirono (2013) menyatakan bahwa medan listrik AC dengan frekuensi 50 Hz, waktu paparan 10 menit, dan kuat medan listrik dengan variasi 0,38 kV/cm sampai 5 kV/cm berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *Klebsiella pneumoniae*. Membran seluler bakteri mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan keluarnya materi intraseluler. Paparan dengan kuat medan listrik AC 2 kV/cm dan 4,36 kV/cm dalam waktu 15 menit dan 4,62 kV/cm dalam waktu 5 menit dapat menonaktifkan bakteri *E. coli*. Semakin besar medan listrik AC maka waktu paparan yang dibutuhkan semakin singkat. Hal ini berarti bahwa kuatnya medan listrik AC berbanding terbalik dengan durasi waktu paparan. Froughreyhani *et al.* (2018) dan Shawki & Gaballah (2015) menyatakan bahwa frekuensi medan listrik yang digunakan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh kuat paparan medan listrik AC terhadap hambatan pertumbuhan koloni *S. aureus* dan *E. coli*.

MATERIAL DAN METODE

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah suspensi isolat *S. aureus* dan *E. coli* didukung dengan seperangkat alat medan listrik AC sebagai variabel bebas pada penelitian.

Waktu dan Tempat Penelitian

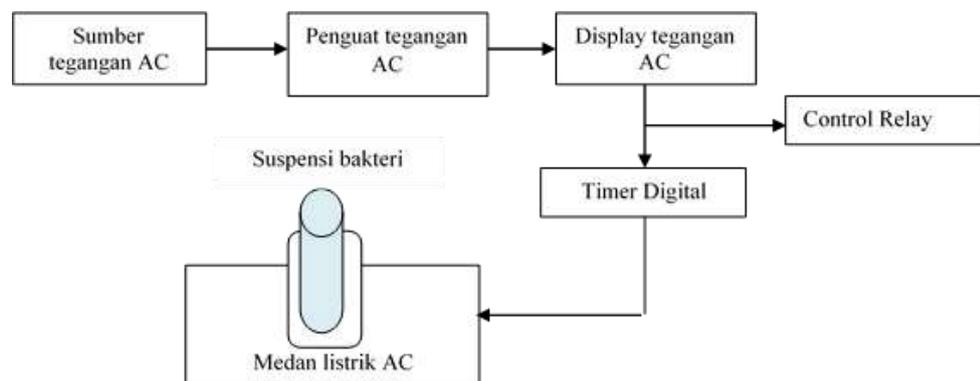
Penelitian dilakukan pada Mei-Agustus 2021. Desain peralatan dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya. Inokulasi bakteri, pemaparan medan listrik, dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 4 kelompok, yaitu: kelompok kontrol (K0) dan kelompok perlakuan dengan paparan medan listrik AC 200 V/m (K1), 400 V/m (K2), dan 600 V/m (K3) selama 5 menit. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 6 kali. Suspensi bakteri didapatkan dengan cara mencampur bakteri dengan *optical density* (OD) sebesar 0,5 larutan McFarland.

Prosedur Penelitian

Pemaparan dilakukan dengan meletakkan sampel diantara 2 plat kapasitor dengan variasi kuat medan listrik 200 V/m (K1), 400 V/m (K2), dan 600 V/m (K3) dengan lama pemaparan 5 menit (**Gambar 1**). Bakteri ditumbuhkan pada medium *Nutrient Agar* (NA) selama 24 jam setelah paparan medan listrik AC tersebut kemudian diencerkan dengan aquades untuk dihitung jumlah koloninya (Faizsa, 2017).



Gambar 1. Rancangan blok pembangkit medan listrik AC (hasil modifikasi produk inovasi FK UWKS)

Inokulasi koloni bakteri

Inokulasi dilakukan dengan teknik *spread plate* (teknik sebar). Media yang sudah diinokulasi dengan suspensi bakteri dimasukkan ke inkubator dengan suhu 37⁰C selama 24 jam. Jumlah koloni dihitung berdasarkan koloni terpisah (*isolated colony*) dengan metode *Total Plate Count* (TPC) dan alat *Quebec Colony Counter*.

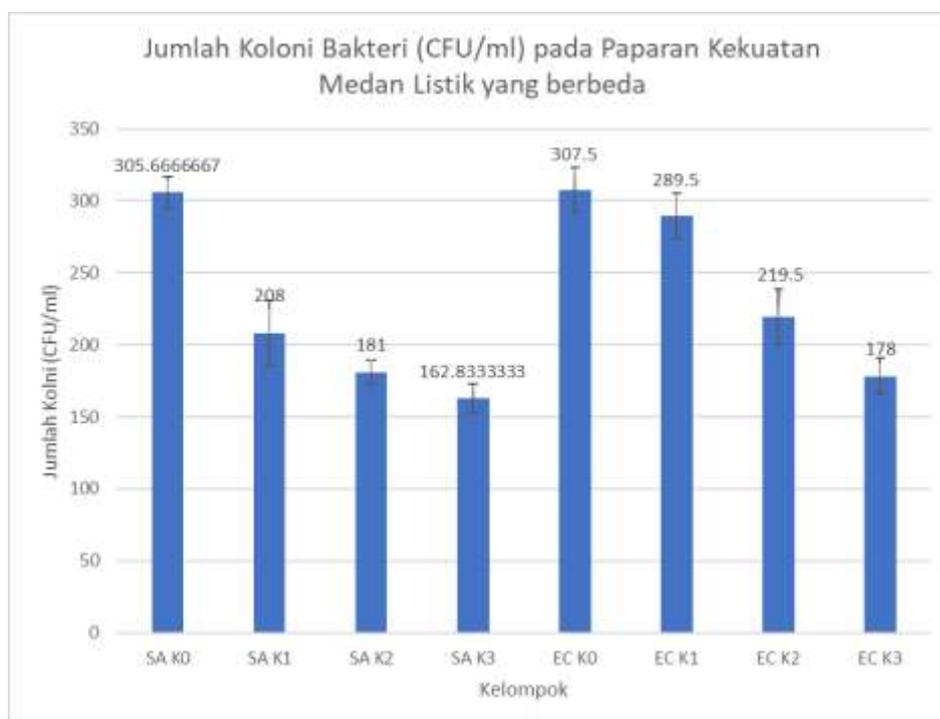
Teknis Analisis dan Interpretasi Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data statistik atau inferensial. Data statistik yang diperoleh, dianalisis dengan uji *Analysis of varians* (Anova) satu

arah. Jika dari uji Anova terdeteksi pengaruh terhadap perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji *least significance differences* (LSD) menggunakan $\alpha = 0,05$, perbedaan signifikan jika $p < 0,05$. Sebelum dilakukan uji Anova, dilakukan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov lalu dilanjutkan dengan uji homogenitas dengan *Levene's test of homogeneity of variance*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan koloni diamati dengan jumlah koloni yang tumbuh pada masing-masing media selama 24 jam. Hasil penelitian pertumbuhan koloni *S. aureus* dan *E. coli* (CFU/ml) pada kontrol (K0), 200 V/m (K1), 400 V/m (K2), dan 600 V/m (K3) menunjukkan jumlah koloni tertinggi pada kontrol (K0) yang tidak diberikan perlakuan baik pada *S. aureus* maupun *E. coli* (**Gambar 1**). Hal ini selaras dengan penelitian Shawki & Gaballah (2015) yang menunjukkan bahwa pertumbuhan *E. coli* mampu dihambat secara fisik dengan kuat medan listrik AC 6,849 V/cm dan 10,274V/cm, energi konstan, dan frekuensi rendah 10-100 Hz.



Gambar 2. Jumlah koloni (CFU/ml) *S. aureus* (SA) dan *E. coli* (EC) pada perlakuan kuat medan listrik yang berbeda

Tabel 1. Jumlah koloni bakteri setelah diberi paparan medan listrik berbagai variasi

Kelompok Perlakuan	Rata-rata Jumlah Koloni Bakteri dan Uji Statistik (CFU/ml)	
Kelompok	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
K0	305.6667 ^a	307.5 ^a
K1	208 ^b	289.5 ^a
K2	181 ^{bc}	219.5 ^b
K3	162.8333 ^{bc}	178 ^c
Uji statistik	Kruskal Wallis p<0,001	ANOVA p <0,001

Superscript berbeda pada uji *Pos Hoc* menunjukkan beda signifikan

Jumlah koloni *S. aureus* dan *E. coli* setelah dilakukan uji normalitas dengan uji Kolmogorov-Smirnov dan homogenitas dengan Levene's test, hanya jumlah koloni *E. coli* yang memenuhi syarat uji ANOVA, sedangkan untuk jumlah koloni *Staphylococcus aureus* menggunakan uji non parametrik Kruskal-Wallis, dikarenakan distribusi data tidak normal dan variasi data tidak homogen. Uji selanjutnya untuk mengetahui perbedaan jumlah koloni antar kelompok perlakuan dilanjutkan dengan uji *pos hoc*, pada koloni *S. aureus* menggunakan uji Games-Howell, sedangkan pada koloni *E. coli* menggunakan uji LSD. Uji statistik pada perbedaan jumlah koloni *S. aureus* dan *E. coli* menunjukkan nilai $p < 0,005$ yang berarti ada perbedaan jumlah koloni pada masing-masing perlakuan medan listrik yang berbeda sehingga ada pengaruh pemberian perlakuan masing-masing paparan medan listrik AC terhadap pertumbuhan *S. aureus* dan *E. coli*.

Hasil uji *pos hoc* Games-Howell dilakukan untuk menunjukkan perbedaan jumlah koloni *S. aureus* antara kelompok perlakuan. Pada K0 menunjukkan jumlah koloni yang paling besar 305,67 CFU/ml dan berbeda signifikan dibanding kelompok lainnya. Jumlah koloni *S. aureus* pada K1, K2, dan K3 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada K1 dengan kuat medan listrik AC paling rendah sudah mampu menurunkan jumlah koloni *S. aureus* secara signifikan (**Tabel 1**). Hal ini dikarenakan *S. aureus* yang merupakan bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang lebih efisien sebagai *chelator* logam karena mengandung lapisan peptidoglikan yang tebal.

Hasil berbeda ditunjukkan pada *E. coli*, paparan pada K1 tidak menunjukkan perbedaan jumlah koloni dengan kontrol. *Escherichia coli* lebih mudah terpengaruh oleh medan listrik yang *moderate* dibandingkan dengan *S. aureus*. Hal yang sama

juga terjadi pada penelitian Zituni *et al.* (2013), yaitu penggunaan paparan listrik lebih menunjukkan perubahan ultrastruktural pada *S. aureus* dibandingkan *E. coli*. *Escherichia coli* memiliki kemampuan untuk melindungi dirinya terhadap medan listrik yang rendah.

Jumlah koloni tertinggi *E. coli* ditunjukkan pada K0. Hasil uji *pos hoc* LSD pada *E. coli* menunjukkan perbedaan rata-rata jumlah koloni yang signifikan pada K0 dibandingkan dengan K2 dan K3. Pada K2, terlihat adanya penurunan jumlah koloni *E. coli*. Pada K3 dengan paparan medan listrik AC 600V/m menunjukkan jumlah koloni yang paling sedikit baik pada *S. aureus* dan *E. coli*. Semakin tinggi kuat medan listrik yang digunakan maka viabilitas bakteri akan semakin rendah.

Uji perbedaan jumlah koloni *S. aureus* antara kelompok perlakuan dilakukan dengan uji Kruskal-Wallis. Jumlah koloni *S. aureus* pada tiap kelompok berbeda signifikan ($p < 0,001$) artinya pemberian perlakuan medan listrik berbagai voltase berpengaruh pada jumlah koloni *S. aureus*. Uji beda atau *post hoc* menggunakan Games-Howell. Pada uji *pos hoc* didapatkan perbedaan jumlah koloni yang signifikan antara K0 dengan semua kelompok perlakuan (K1, K2 dan K3).

Elektroporasi pada membran sel bakteri akibat paparan medan listrik menyebabkan pori *irreversibel* dan *reversibel* tergantung dari intensitasnya (Novaryatiin *et al.*, 2018). Metode penggunaan kejutan listrik bertujuan untuk memperbesar pori-pori membran sel sehingga dapat meningkatkan permeabilitas membran, atau disebut dengan elektroporasi. Kerja elektroporasi dapat terjadi dikarenakan medan listrik menyebabkan pergeseran muatan pada sel bakteri, sehingga terpolarisasi. Hasil penelitian memiliki karakterisasi kuat medan listrik dilakukan dengan merubah jarak antar elektroda yaitu dari 2 cm sampai 26 cm. Karakterisasi awal dilakukan dengan membiarkan udara bebas berada diantara elektroda plat sejajar. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar elektroda, maka semakin kecil kuat medan listriknya. Medan listrik di dalam penerapannya dapat secara selektif mengelektroporasi bakteri. Medan listrik timbul berdasar prinsip saluran hantaran udara, begitu juga dengan saluran transmisi yang merupakan efek dari medan listrik dan medan magnet sehingga akan berpengaruh pada lingkungan sekitar terutama bagi organisme. Medan adalah fungsi dari kontinu dari posisi dalam ruang (Saris *et al.*, 2012; Gomez-Gomez *et al.*, 2021).

Penelitian ini menggunakan medan listrik AC, berupa plat medan listrik yang tersusun atas 2 plat sehingga dapat menghantarkan listrik pada cawan petri. Medan listrik AC dipaparkan pada cawan petri yang masing-masing berisi *S. aureus* dan *E. coli* dalam waktu 5 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan listrik AC yang memiliki saluran hambatan udara sebagai penghantar jika diberi cawan petri berisi bakteri *S. aureus* dan *E. coli* akan berpengaruh pada kelangsungan hidup bakteri tersebut karena efek dari medan listrik dapat berpengaruh pada lingkungan. Efek medan listrik dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang disebabkan oleh rusaknya membran seluler bakteri. Potensial membran meningkat karena terjadinya elektroporasi dari kerusakan membran seluler (Shawki & Gaballah, 2015; Tirono, 2013).

Jumlah koloni *E. coli* dengan uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi di bawah 0,05 berarti terdapat perbedaan signifikan antar semua kelompok. Nilai p pada uji ANOVA adalah <0,001, yang berarti pemberian medan listrik mempengaruhi jumlah koloni *E. coli*. Hasil uji LSD menunjukkan K0 berbeda signifikan dengan K2 dan K3. Pada K0, bakteri tidak diberikan perlakuan apapun sehingga jumlah koloninya paling tinggi dibandingkan kelompok yang diberikan perlakuan medan listrik AC. Semakin tinggi medan listrik yang dipaparkan akan menunjukkan kematian sel, yang terbukti dari jumlah koloni yang semakin berkurang.

KESIMPULAN

Jumlah koloni *S. aureus* dan *E. coli* terbukti dipengaruhi oleh paparan medan listrik AC dengan variasi 200 V/m, 400 V/m maupun 600 V/m selama 5 menit, dengan nilai $p < 0,001$. Jumlah koloni paling kecil ketika *S. aureus* maupun *E. coli* dipapar oleh medan listrik AC dengan voltase tertinggi yaitu 600 V/m. Semakin tinggi voltase medan listrik AC yang digunakan, maka semakin terhambat pertumbuhan *S. aureus* dan *E. coli* ditandai dengan penurunan jumlah koloninya.

DAFTAR PUSTAKA

Alharbi, N. S., Khaled, J. M., Kadaikunnan, S., Alobaidi, A. S., Sharafaddin, A. H., Alyahya, S. A., Almanaa, T. N., Alsughayier, M. A., & Shehu, M. R. (2019).

Prevalence of *Escherichia coli* strains resistance to antibiotics in wound infections and raw milk. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 1557–1562. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.11.016>

Amelia, R. & Burhanuddin, N. (2018). Identifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* dengan infeksi nosokomial pada spreng di ruang perawatan pascabedah RSUD Labuang Baji Kota Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1, 272–278. <https://jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmpt/article/view/42/42>

Froughreyhani, M., Salemmilani, A., Mozafari, A., & Hosein-Soroush, M. (2018). Effect of electric currents on antibacterial effect of chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(12), 1223–1229. <https://doi.org/10.4317/jced.55369>

Gomez-Gomez, A., Brito-de la Fuente, E., Gallegos, C., Garcia-Perez, J. V., & Benedito, J. (2021). Combined pulsed electric field and high-power ultrasound treatments for microbial inactivation in oil-in-water emulsions. *Food Control*, 130, 108348. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108348>

Hamida, F., Aliya, L. S., Syafriana, V., & Pratiwi, D. (2019). *Escherichia coli* resisten antibiotik asal air keran di kampus ISTN. *Jurnal Kesehatan*, 12(1), 63-72. <https://doi.org/10.23917/jk.v12i1.8958>

Karimela, E. J., Ijong, F. G., & Dien, H. A. (2017). Characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated smoked fish pinekuhe from traditionally processed from Sangihe District. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 188-198. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16506>

Novaryatiin, S., Pratomo, G. S., & Yunari, C. (2018). Uji daya hambat ekstrak etanol daun jerangau hijau terhadap *Staphylococcus aureus*. *Borneo Journal of Pharmacy*, 1(1), 11–15. <https://doi.org/10.33084/bjop.v1i1.236>

Lestari, D. R. W. (2017). Hubungan antara pengetahuan dan kebiasaan mencuci tangan pengasuh dengan kejadian diare pada balita di Kelurahan Bandarharjo. *Journal of Health Education*, 2(1), 39-46. <https://doi.org/10.15294/jhe.v2i1.13867>

Faizsa, L. N. (2017). Pengaruh medan listrik berpulsa dan cahaya Ultraviolet-C terhadap pertumbuhan *Escherichia coli*. (SKRIPSI: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang) Retrieved from <http://etheses.uin-malang.ac.id/11059/>

Prabowo, F. I., & Habib, I. (2012). Identifikasi pola kepekaan dan jenis bakteri pada pasien infeksi saluran kemih di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta. *Mutiara Medika: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 12(2), 93-101. <https://doi.org/10.18196/mmjkk.v12i1.1009>

Rahman, Hardi, I., & Baharuddin, A. (2018). Identifikasi bakteri *Staphylococcus* Sp pada handphone dan analisis praktik personal hygiene. *Window of Health*, 1(1), 40–49. <http://jurnal.fkmumi.ac.id/index.php/woh/article/view/woh1108>

- Rahmadani, A., Budiyono, B., & Suhartono, S. (2017). Gambaran keberadaan bakteri *Staphylococcus aureus*, kondisi lingkungan fisik, dan angka lempeng total di udara ruang rawat inap RSUD Prof. Dr. M. A. Hanafiah SM Batusangkar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 492-501. <https://doi.org/10.14710/jkm.v5i5.19171>
- Saris, H. B., Hermawan, H. & Syakur, A. (2012). Simulasi distribusi tegangan dan medan listrik pada isolator suspensi 20 KV 3 sirip dengan 4 tipe ukuran sirip. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(4), 218-225. <https://doi.org/10.14710/transient.1.4.218-225>
- Shawki, M. M., & Gaballah, A. (2015). The effect of low AC electric field on bacterial cell death. *Romanian Journal of Biophysics*, 25(2), 163-172. http://www.rjb.ro/articles/418/2015-2_Shawki.pdf
- Tirono, M. (2013). Efek medan listrik ac terhadap pertumbuhan bakteri *Klebsiella pneumoniae*. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 5(2), 116-122. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2439>
- Widianingsih, M., & De Jesus, A. M. (2018). Isolasi *Escherichia coli* dari urine pasien infeksi saluran kemih di Rumah Sakit Bhayangkara Kediri. *Al-Kauniyah: Journal of Biology*, 11(2), 99-108. <https://doi.org/10.15408/kauniyah.v11i2.5899>
- Wikananda, I. D. A. R. N., Hendrayana, M. A., & Pinatih, K. J. P. (2019). Efek antibakteri ekstrak ethanol kulit batang tanaman cempaka kuning (*M. champaca* L.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Medika*, 8(5). <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eum/article/view/50026/29778>
- Zituni, D., Schüt-Gerowitt, H., Kopp, M., Krönke, M., Addicks, K., Hoffmann, C., Hellmich, M., Faber, F., & Niedermeier, W. (2013). The growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in low-direct current electric fields. *International Journal of Oral Science*, 6, 7-14. <https://www.nature.com/articles/ijos201364>