



EFEK LISTRIK TEGANGAN RENDAH TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*

Effect of electrical low voltage to Escherichia coli bacterial growth

Dedy Firmansyah^{1*}, Eko Budi Koendhari², Imam Susilo³

¹ Program studi kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

² Departemen Mikrobiologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

³ Departemen Patologi Anatomi, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

Corresponding Author: dedy.firmansyah-2018@fk.unair.ac.id

KATA KUNCI *Escherichia coli*, Tegangan Listrik, Waktu pemantauan, Pertumbuhan Bakteri

KEYWORDS *Escherichia coli*, *Electrical Voltage*, *Monitoring Time*, *Bacterial Growth*

ABSTRAK Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu jenis bakteri Gram negatif dan bersifat fakultatif anaerob. Bakteri ini biasanya hidup di usus besar manusia berfungsi untuk menjaga kesehatan sistem pencernaan. Bakteri ini umumnya tidak berbahaya, walaupun begitu tingkat kewaspadaan terhadap *Escherichia coli* perlu tetap diterapkan. Prevalensi infeksi karena bakteri *Escherichia coli* sangat tinggi di negara berkembang dengan perkiraan angka kejadian lebih dari 100 kasus per 100.000 penduduk (WHO, 2006). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui efek listrik tegangan rendah terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Perlakuan menggunakan perlakuan sebanyak lima batch yang masing-masing batch terdiri dari lima tabung. Setiap 1 batch penelitian menggunakan tegangan listrik yang sama selama 1 jam dengan mengevaluasi pemantauan setiap 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Pada batch 1, digunakan tegangan listrik 0,4 volt sebanyak lima tabung, batch ke-2 dilanjutkan dengan tegangan listrik 0,5 volt sebanyak lima tabung, batch ke-3 dengan menggunakan tegangan listrik 0,7 volt, dan batch ke-4 dengan menggunakan tegangan listrik 0,8 volt dan pada batch ke-5 dengan menggunakan tegangan listrik 1 volt sebanyak lima tabung. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil bahwa listrik tegangan rendah dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* dengan tegangan listrik optimal sebesar 0,5 volt, arus listrik 40 mA dan waktu pemantauan optimal yaitu 20 menit.

ABSTRACT

Escherichia coli is a Gram-negative bacteria and facultative anaerobe. The bacteria usually live in the large intestine of humans and have function to maintain a healthy digestive system. These bacteria are generally harmless, although the level of the caution against *Escherichia coli* needs to be applied. The prevalence of infection due to *Escherichia coli* bacteria is very high in developing countries with an estimated incidence of more than 100 cases per 100,000 population (WHO, 2006). This research is an experimental study with the aim of knowing the effect of low voltage electricity on the growth of *Escherichia coli* bacteria. The treatment used five batches of treatment, each batch consisting of five tubes. Every research batch uses the same electrical voltage for 1 hour by evaluating monitoring every 20 minutes, 40 minutes, and 60 minutes. In first batch, five tubes of 0.4 volts of electricity were used, the second batch is followed by a voltage of 0.5 volts for five tubes, the 3rd batch used 0.7 volts, and the 4th batch used 0.8 volts and in the 5th batch, five tubes of 1 volt were used. From the results of this study, it was found that low voltage electricity could kill *Escherichia coli* with an optimal voltage of 0.5 volts, an electric current of 40 mA and an optimal monitoring time of 20 minutes.

PENDAHULUAN

Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu jenis bakteri Gram negatif dan bersifat fakultatif anaerob. Bakteri yang ditemukan oleh Theodor Escherich ini biasanya hidup di usus besar manusia berfungsi untuk menjaga kesehatan sistem pencernaan. Bakteri ini umumnya tidak berbahaya, walaupun begitu tingkat kewaspadaan terhadap *Escherichia coli* perlu tetap diterapkan. Prevalensi infeksi karena bakteri *Escherichia coli* sangat tinggi di negara berkembang dengan perkiraan angka kejadian lebih dari 100 kasus per 100.000 penduduk (WHO, 2006). Terlebih spesifik, *Escherichia coli* jenis O157:H7 merupakan agen zoonosis yang dapat menyebabkan *hemorrhagic colitis* dan *hemolytic uremic syndrome* (HUS) pada manusia (Suardana and Swacita, 2009).

Pada manusia yang terinfeksi *Escherichia coli* gejala umum yang paling sering muncul ialah diare yang disertai dengan rasa sakit perut yang parah hingga kram, mual dan muntah, perut kembung, kehilangan nafsu makan, demam menggigil, pusing, dan nyeri otot. Mekanisme infeksi yang terjadi pada manusia bisa disebabkan oleh konsumsi makanan dan minuman yang digunakan bakteri *Escherichia coli* sebagai media pertumbuhan. Minuman yang paling sering dapat menyebabkan terjadinya infeksi, air minum yang aman bagi tubuh ialah yang memenuhi standar fisika, kimia, radioaktif, dan mikrobiologi yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Parameter wajib yang digunakan untuk menentukan kualitas air minum secara mikrobiologi adalah total bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli*. Salah satu syarat air bersih yang dapat dikonsumsi adalah tidak

ditemukannya *Coliform* dan *Escherichia coli* dalam 100 ml air. Apabila ditemukan *Escherichia Coli* dalam 100 ml air minum yang dikonsumsi, maka prevalensi untuk terinfeksi *Escherichia coli* semakin tinggi (Afrisetiawati, Erly and Endrinaldi, 2016).

Saat ini banyak berkembang minuman yang mengandung larutan isotonik di dalam kemasan yang biasanya disebut minuman elektrolit atau ion. Selama ini, larutan isotonik hanya dikenal sebagai pengganti cairan. Larutan isotonik merupakan larutan yang mirip dengan larutan fisiologis manusia yang bisa menggantikan cairan di dalam tubuh. Larutan isotonik mengandung elektrolit dan karbohidrat sebesar 6-8%, osmolalitasnya sama dengan darah. Itu sebabnya, minuman isotonik cenderung lebih cepat diserap oleh tubuh dibanding jenis larutan lainnya dan sering digunakan sebagai larutan pengganti cairan tubuh. Dengan kata lain, larutan isotonik sering dikonsumsi manusia sebagai minuman (Nafisah et.al, 2019).

Infeksi *Escherichia coli* terhadap manusia dapat dicegah dengan sterilisasi bahan yang akan dikonsumsi. Salah satu hal yang sedang dikembangkan saat ini adalah menganalisis pertumbuhan bakteri dalam medan listrik bertegangan rendah. Pertumbuhan *Escherichia coli* mengalami sedikit hambatan dalam pengaruh listrik bertegangan rendah. Listrik tegangan rendah memiliki kisaran dari 50 volt - 1000 volt. Dalam riset-riset yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa bakteri Gram positif lebih sensitif terhadap efek listrik tegangan rendah

daripada bakteri Gram negative (Zituni et al., 2014)

Oleh karena itu, dalam penelitian eksperimental akan lebih memfokuskan bagaimana pengaruh efek listrik tegangan rendah terhadap bakteri Gram negatif khususnya *Escherichia coli*.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan *total sampling*. Sampel yang digunakan merupakan stok sampel bakteri klinis yang diambil dari Departemen Mikrobiologi Klinis RSUD dan Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Sampel dipilih secara *simple total sampling* dengan menggunakan persamaan Federer (t-1) $(n-1) \geq 15$ dengan t sebagai variabel independen dan n yang akan dicari maka rumus percobaan akan menjadi $(t-1) (n-1) \geq 15$
 $(5-1) (n-1) \geq 15$
 $4n-4 \geq 15$
 $n \geq 4,75$

Dengan membulatkan percobaan untuk satu variabel independen menjadi 5 per variabel dan bakteri klinis *Escherichia coli* maka total dari percobaan yang akan dilakukan adalah $5 \times 5 = 25$ sehingga percobaan yang akan dilakukan adalah 25 percobaan.

Pengujian sampel menggunakan larutan bakteri *Escherichia coli* yang didapatkan dari kultur koloni bakteri yang diambil dan dimasukkan ke dalam 5 mL larutan PZ 0,45%. Larutan tersebut diberlakukan satuan McFarland 1 - 1,1 ($3-3,30 \times 10^8$ CFU/mL) dengan menggunakan alat DensiCHEK™ untuk akurasi.

Kemudian, tabung hasil larutan bakteri dipasangkan konduktor stainless steel berukuran 12 cm dengan diameter 3 mm yang sudah disterilkan dengan *Bunsen burner* selama 5 detik. Pada kedua ujungnya dijepit dengan menggunakan kabel jumper jepit yang telah dirakit secara paralel dan disambungkan ke *single output power supply* listrik DC GPS-3030D dengan daya 90 W.

Setiap batch menggunakan tegangan listrik yang sama selama 1 jam dengan pemantauan setiap 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Pada batch 1, digunakan tegangan listrik 0,4 volt sebanyak lima tabung, batch ke-2

dilanjutkan dengan tegangan listrik 0,5 volt sebanyak lima tabung, batch ke-3 dengan menggunakan tegangan listrik 0,7 volt, dan batch ke-4 dengan menggunakan tegangan listrik 0,8 volt dan pada batch ke-5 dengan menggunakan tegangan listrik 1 volt.

HASIL

Berikut adalah hasil dari pemberian listrik tegangan rendah dengan besar tegangan 0,4 volt, 0,5 volt, 0,7 volt, 0,8 volt, dan 1 volt kepada bakteri *Escherichia coli* beserta CFU/ml (Tabel1).

Tabel 1 Hasil penggunaan listrik tegangan rendah terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*

Volt	CFU/ml (10 ⁸)			
	Kontrol (0 menit)	20 menit	40 menit	60 menit
0,4 volt				
1	3,21	3,15	3,36	3,36
2	3,15	3,24	3,48	3,42
3	3,12	3,06	3,30	3,21
4	3,03	2,91	3,09	3,15
5	3,15	3,09	3,24	3,27
0,5 volt				
1	3,27	3,18	3,48	3,60
2	3,18	3,03	3,18	3,48
3	3,12	3,09	3,48	3,57
4	3,15	2,94	2,94	3,09
5	3,21	2,85	2,82	3,09
0,7 volt				
1	3,15	2,91	3,39	3,87
2	3,03	3,15	3,36	3,48
3	3,03	3,00	3,30	3,18
4	3,06	3,06	3,24	3,48
5	3,24	3,24	3,45	3,42
0,8 volt				

1	3,03	3,48	3,66	3,78
2	3,24	3,33	3,54	3,60
3	3,06	3,18	3,03	3,03
4	3,30	3,18	2,97	2,85
5	3,15	2,85	3,03	3,03
1 volt				
1	3,27	2,97	3,27	3,33
2	3,18	3,12	3,24	3,39
3	3,12	3,42	3,30	3,21
4	3,15	2,97	3,09	3,18
5	3,21	3,12	3,12	3,18

Tabel 2 Perbandingan rata-rata jumlah koloni *Escherichia coli* dalam CFU/mL dengan satuan waktu berdasarkan 5 voltase yang berbeda

	Kontrol (0 menit)	20 menit	40 menit	60 menit
0,4 volt	3,132	3,090	3,294	3,282
0,5 volt	3,186	3,018	3,180	3,366
0,7 volt	3,102	3,072	3,348	3,486
0,8 volt	3,156	3,204	3,246	3,258
1 volt	3,186	3,120	3,204	3,258

Hasil tersebut menunjukkan bahwa listrik tegangan rendah dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* dengan tegangan listrik optimal sebesar 0,5 volt, arus listrik 40 mA dan waktu pemantauan optimal yaitu 20 menit (Tabel 2).

PEMBAHASAN

Tegangan listrik yang diberikan ke bakteri *Escherichia coli* menunjukkan sedikit perubahan morfologi sel bila dibandingkan dengan kontrol, seperti membran sel terputus dengan beberapa derajat disintegrasi dalam sitoplasma, yang diperlihatkan sebagai pembentukan vakuola dan sitoplasma non homogen. Selain itu, sel-sel yang diberi elektroda menunjukkan lebih

banyak perubahan morfologis yang ditandai dengan sitoplasma bergranulasi dengan beberapa tanda retraksi sitoplasma dan pembentukan vakuola yang luas, berbeda dengan struktur membran ganda yang halus dan kontinu dari sel-sel *Escherichia coli* (Zituni *et al.*, 2014).

Hasil penelitian dari peneliti lain, menunjukkan bahwa pemberian tegangan listrik menyebabkan penurunan yang signifikan dalam pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan reduksi tinggi pada 8-10 volt, sedangkan pemberian tegangan listrik pada *Escherichia coli* menyebabkan penurunan pertumbuhan yang tidak signifikan (Zituni *et al.*, 2014). Medan listrik yang diberikan kepada *Staphylococcus aureus* menunjukkan

lebih banyak perubahan ultrastruktural daripada *Escherichia coli* yang menunjukkan sedikit perubahan dalam morfologi sel tanpa pengurangan jumlah sel yang signifikan. Perubahan seperti hilangnya integritas membran dengan kebocoran isi intraseluler sebagai akibat dari kerusakan membran. Luas permukaan yang besar, struktur dinding sel terdiri dari tiga lapisan yaitu membran sitoplasma, lapisan tipis peptidoglikan dan membran luar serta motilitas memberikan *Escherichia coli* kemampuan untuk melindungi diri dari medan listrik DC dibandingkan dengan bakteri non-motil *Staphylococcus aureus* berbentuk kokus yang memiliki struktur dinding sel dari dua lapisan yaitu membran plasma dan lapisan tebal peptidoglikan dengan luas permukaan sferoid kecil (Zituni *et al.*, 2014).

Dinding sel bakteri Gram positif didominasi oleh lapisan tebal peptidoglikan yang diselengi dengan asam teikoat dan asam lipoteikoat yang melekat pada membran sitoplasma. Pada dinding sel bakteri Gram negatif, kehadiran membran luar telah menciptakan membran hidrofobik ekstra di luar lapisan peptidoglikan. Untuk memungkinkan akses ke membran sitoplasma, diperlukan pori-pori berisi air (porin). Lapisan tipis peptidoglikan yang terdapat pada dinding sel bakteri Gram negatif dibandingkan dengan dinding sel bakteri Gram positif ini membantu melindungi bakteri dari degradasi hidrolitik oleh organisme lain. Gangguan pada struktur peptidoglikan dapat menyebabkan kematian sel. Dinding sel bakteri Gram positif juga

mengandung sejumlah besar asam teikoat (polimer gula dan fosfat: ribitol fosfat atau gliserol fosfat) dan asam lipoteikoat (asam teikoat dan lipid). Asam teikoat ditemukan di peptidoglikan yang berkontribusi pada muatan permukaan negatif bersih bakteri Gram positif. Penggabungan komponen lipid dengan asam teikoat membentuk asam lipoteikoat yang memungkinkan molekul untuk menambatkan ujung lipid di membran sitoplasma (Hardy, 2003).

Hasil analisis hasil penelitian didapatkan bahwa tegangan listrik 0,4 volt memiliki hasil yang signifikan terhadap pembunuhan bakteri *Escherichia coli* dengan keempat waktu pengecekan pada kontrol (0 menit), 20 menit, 40 menit, dan 60 menit pada bakteri *Escherichia coli* memiliki hasil yang signifikan. Jumlah awal bakteri klinis $3,132 \times 10^8$ CFU/ml, hasil rerata juga menunjukkan hasil paling baik pada pemantauan 20 menit yaitu $3,090 \times 10^8$ CFU/ml. Pada tabel 2 menunjukkan ada beberapa hasil yang mengalami peningkatan hasil rerata daripada jumlah awal bakteri klinisnya yaitu pada pemantauan 40 menit dan 60 menit menandakan ketidakstabilan untuk dijadikan voltase yang optimal.

Tegangan listrik bernilai 0,5 volt memiliki jumlah awal bakteri klinis $3,186 \times 10^8$ CFU/ml. Pada tegangan listrik 0,5 volt menunjukkan adanya hasil yang signifikan pada *Escherichia coli* walaupun memberikan hasil yang paling rendah dibandingkan tegangan listrik yang lainnya. Tabel 2 juga menunjukkan hasil rerata mengalami penurunan pada waktu pemantauan 20 menit yaitu $3,018 \times 10^8$ CFU/ml, dan 40 menit yaitu $3,180 \times 10^8$ CFU/ml.

Sebaliknya pada pemantauan 60 menit hasil rerata mengalami peningkatan menjadi $3,366 \times 10^8$ CFU/ml. Namun, dalam penelitian yang sudah dilakukan, hasil paling baik menunjukkan pada 0,5 volt dengan efek eradikasi pada bakteri *Escherichia coli*. Jumlah rerata bakteri mengalami penurunan dari kontrol ke pemantauan 20 menit sebesar $0,168 \times 10^8$ CFU/ml dan pemantauan 40 menit sebesar $0,006 \times 10^8$ CFU/ml.

Kekuatan tegangan listrik bernilai 0,7 volt menunjukkan bahwa masih ada ketidakseimbangan hasil eksperimen di beberapa tabung, dimana ada peningkatan hasil rerata pada menit ke-40 dan menit ke-60. Pada tegangan listrik 0,7 volt jumlah rerata awal bakteri *Escherichia coli* sebesar $3,102 \times 10^8$ CFU/ml. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terlihat bahwa adanya penurunan rerata bakteri pada menit ke-20 menjadi $3,072 \times 10^8$ CFU/ml, sedangkan pada menit ke-40 dan menit ke-60 mengalami peningkatan jumlah rata-rata bakteri. Bakteri sebelum diberi perlakuan sampai diberi perlakuan hingga pemantauan 20 menit mengalami penurunan jumlah rata-rata sebesar $0,003 \times 10^8$ CFU/ml.

Pada tegangan listrik 0,8 volt jumlah awal rerata bakteri klinis adalah $3,156 \times 10^8$ CFU/ml. Sesuai dengan Tabel 2 untuk hasil penelitian angka koloni bakteri jumlah rerata bakteri *Escherichia coli* mengalami peningkatan pada pemantauan 20 menit yaitu menjadi $3,204 \times 10^8$ CFU/ml, pemantauan 40 menit menjadi $3,246 \times 10^8$ CFU/ml dan pemantauan 60 menit menjadi $3,256 \times 10^8$ CFU/ml. Berdasarkan hasil tersebut, maka pada

tegangan 0,8 volt memberikan efek pembunuhan bakteri yang paling tidak efektif.

Tegangan listrik 1 volt memiliki jumlah awal rerata bakteri $3,186 \times 10^8$ CFU/ml. Pemantauan pada menit ke-20 menunjukkan hasil rata-rata jumlah koloni bakteri yang mengalami penurunan menjadi $3,120 \times 10^8$ CFU/ml, sedangkan pada pemantauan menit ke-40 dan menit ke-60 jumlah rata-rata koloni bakteri mengalami peningkatan dari sebelum diberi perlakuan. Pada menit ke-40 jumlah rata-rata koloni bakteri menjadi $3,204 \times 10^8$ CFU/ml dan menit ke-60 jumlah rata-rata koloni menjadi $3,258 \times 10^8$ CFU/ml. Dapat diketahui bahwa pada tegangan 1 volt jumlah koloni bakteri kontrol sampai diberi perlakuan pada menit ke-20 mengalami penurunan sebesar $0,066 \times 10^8$ CFU/ml.

Dari semua hasil perlakuan dan uji analisis data baik antar voltase maupun antar waktu pemantauan terlihat bahwa *Escherichia coli* dengan perlakuan tegangan listrik rendah dalam skala voltase memberikan hasil paling optimal dengan tegangan listrik 0,5 volt. Waktu paling baik dari hasil perlakuan di laboratorium didapatkan pada 20 menit karena jumlah rata-rata koloni bakteri *Escherichia coli* mengalami penurunan sebesar $0,168 \times 10^8$ CFU/ml dari jumlah awal rata-rata koloni bakteri. Angka tersebut merupakan penurunan yang paling besar diantara yang lainnya.

KESIMPULAN

Listrik tegangan rendah dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* dengan tegangan listrik optimal sebesar 0,5 volt, arus listrik 40 mA dan waktu

pemantauan optimal yaitu 20 menit. Dengan tegangan listrik rendah yang berkisar 0,4 volt - 1 volt tidak berbahaya bagi manusia namun sudah bisa digunakan untuk membunuh bakteri artinya bisa digunakan untuk sterilisasi.

KEPUSTAKAAN

- Afrisetiawati R, Erly E. & Endrinaldi E. 2016. Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang yang Diproduksi DAMIU di Kelurahan Lubuk Buaya Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas* 5(3): 570-574. doi: 10.25077/jka.v5i3.579.
- Carroll KC. 2013. Enteric Gram-Negative Rods (Enterobacteriaceae). in *Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology*. 26th edn. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Chart H. 2012. *Escherichia* Urinary tract infection: travellers' diarrhoea; haemorrhagic colitis; haemolytic uraemic syndrome. in Greenwood D. et al. (eds) *Medical Microbiology* 18th edn. London: Churchill Livingstone Elsevier.
- Fang J, Piao Z, and Zhang X. 2006 Study on High-Voltage Pulsed Electric Fields Sterilization Mechanism Experiment. *The Journal of American Science* 2(2): 39-43.
- Fadilah M, Alberida H. & Irdawati 2011. Deteksi kapsul dan slime pada bakteri patogen yang diisolasi dari benih lele dumbo (*Clarias gaeripinus*). *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi* 3(2): 124-128.
- Hardy S. 2003 *Human Microbiology*. London: CRC Press. doi: 10.1201/b12576.
- Hogg S. 2005. *Essential Microbiology*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Murray P., Rosenthal KS. and Pfaller MA. 2013. Enterobacteriaceae. in *Medical Microbiology*. 7th edn. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Nafisah, Sulistyaningsih SI, dan Irwan A. 2019. *Mengenal Larutan Isotonik dan Pengaruhnya pada Tubuh Kita*, www.kanalkalimantan.com. Available at: <https://kanalkalimantan.com/mengenal-larutan-isotonik-dan-pengaruhnya-pada-tubuh-kita/>
- Noviana H. 2004. Pola Kepekaan Antibiotika *Escherichia coli* yang Diisolasi dari Berbagai Spesimen Klinis. *J Kedokteran Trisakti* 23(4): 122-126.
- Nugraha A T. 2016. *Pengertian, sejarah dan manfaat Listrik*. Available at: <https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/pengertian-sejarah-dan-manfaat-listrik/> (Accessed: 17 July 2020).
- Petri WA. 2006. Sulfonamides, Trimethoprim-Sulfamethoxazole, Quinolones and agents for urinary tract infections. in Brunton LL, Lazo JS, and Parker KL (eds). *Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of THERAPEUTICS*. 11th edn. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Suardana IW & Swacita IBN. 2009. Penyakit yang Ditularkan Lewat Makanan. *Higiene Makanan*,

- Udayana University Press.
Denpasar.
- Suci S. 2020. *Fungsi Autoclave, Alat Sterilisasi Paling Ampuh*, Available at: <http://www.galerimedika.com/Fungsi-Autoclave-Alat-Sterilisasi-Paling-Ampuh> (Accessed: 17 July 2020).
- Syarifuddin A & Sulistyani N. 2018. *Aktivitas Antibiotik Isolat Bakteri Kp13 dan Analisa Kebocoran Sel Bakteri Escherichia coli*. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia* 16(2): 137-144.
- WHO. 2006. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 3rd. Geneva Switzerland
- Zituni D. *et al.* 2014. The growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in low-direct current electric fields. *International Journal of Oral Science* 6(1): 7-14. doi: 10.1038/ijos.2013.64.