

Perancangan Generator Ultrasonik Untuk Membunuh Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*)

¹I Made Satriya Wibawa, ²I Ketut Putra

^{1,2}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: *satriya_wibawa@unud.ac.id; ketutputra@unud.ac.id

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 31 Oct 2022 Revised: 23 Dec 2022 Published: 30 Dec 2022</p> <p>Keywords Ultrasonic generator, Escherichia coli bacteria, frequency</p>	<p>The ultrasonic generator has been designed to kill <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) bacteria. The frequency range produced by this ultrasonic generator is between 50 kHz - 65 kHz. From the observation of the death of <i>E. coli</i> bacteria caused by ultrasonic wave radiation on the variation of distance and frequency used at a density of 10⁻⁸ cfu/ml (coloni forming unit/ml), the average percentage of <i>E. coli</i> bacteria deaths was obtained. generated increases when the radiation distance is getting closer and the frequency used is high. <i>E. coli</i> bacteria after being irradiated with ultrasonic waves experienced cell abnormalities, namely a reduction in the shape of the cell, the cell wall broke and underwent lysis.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 10 Oct 2022 Direvisi: 23 Des 2022 Dipublikasi: 30 Des 2022</p> <p>Kata kunci Generator ultrasonik, bakteri <i>Escherichia coli</i>, frekuensi</p>	<p>Telah dirancang generator ultrasonik sebagai pembunuh bakteri <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>). Range frekuensi yang dihasilkan oleh generator ultrasonik ini berkisar antara 50 kHz - 65 kHz. Dari hasil pengamatan kematian bakteri <i>E. coli</i> yang ditimbulkan akibat radiasi gelombang ultrasonik terhadap variasi jarak dan frekuensi yang digunakan pada kerapatan 10⁻⁸ cfu/ml (coloni forming unit/ml) diperoleh persentase rata-rata kematian bakteri <i>E. coli</i> yang ditimbulkan meningkat apabila jarak radiasi semakin dekat dan frekuensi yang digunakan tinggi. Bakteri <i>E. coli</i> setelah diradiasi dengan gelombang ultrasonik mengalami kelainan sel yaitu terjadi pengecilan bentuk sel, dinding selnya pecah dan mengalami lysis.</p>
<p>Sitasi: Wibawa, I. M. S., & Putra, I. K. (2022), Perancangan Generator Ultrasonik Untuk Membunuh Bakteri <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>), <i>Kappa Journal</i>. 6(2), 332-337.</p>	

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu media yang umum digunakan oleh bakteri untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Sejalan dengan itu pula air digunakan oleh manusia dalam berbagai macam kebutuhan, sehingga kemungkinan besar bakteri dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui air.

Salah satu contoh bakteri yang banyak ditemukan dalam air diantaranya bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). *E. coli* merupakan bakteri oportunistik yang banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai flora normal, tetapi dapat menyebabkan infeksi pada jaringan tubuh diluar usus [8].

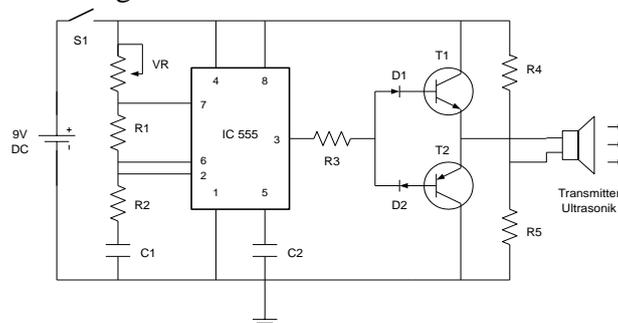
Pemakaian antibiotik saat ini banyak digunakan untuk membunuh bakteri, tetapi antibiotik tersebut mempunyai efek yang tidak baik bagi kesehatan jika dosis yang diberikan tidak sesuai. Saat ini banyak bakteri yang sudah resisten terhadap antibiotik misalnya bakteri *E. coli* sudah resisten terhadap tetrasiklin. Beberapa cara telah dilakukan untuk membunuh

bakteri *E. coli* diantaranya dengan cara kimia. Cara kimia dapat menimbulkan efek yang kurang baik akibat reaksi yang ditimbulkan. Apalagi digunakan dalam usaha pengadaan air bersih, zat kimia sering menimbulkan bau yang kurang sedap, selain juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Cara lain untuk membunuh bakteri yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang akan memberikan dampak lebih aman dan menguntungkan. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20 kHz. Pada daerah frekuensi tersebut sudah tidak mampu didengar oleh telinga manusia dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Gelombang bunyi yang diradiasikan pada suspensi akan menimbulkan panas akibat absorpsi. Akibatnya apabila dalam suspensi terdapat bakteri, maka panas yang timbul akan mengakibatkan koagulasi protein dan merusak molekul-molekul asam nukleat, karena molekul protein dan asam nukleat rusak dan tidak berfungsi lagi sehingga mengakibatkan bakteri mati. Perusakan sel-sel dalam suspensi terjadi apabila ada kavitas (pecahnya zat cair). Kavitas terjadi karena tekanan lokal pada gelombang bunyi menurun sehingga mengakibatkan zat cair pecah. Pecahnya zat itu membentuk rongga-rongga kecil yang hampir berbentuk bola-bola disebut kaviti.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini akan dirancang suatu alat yang dapat digunakan untuk membunuh bakteri *E. coli* dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik.

METODE

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu : perancangan generator ultrasonik, perlakuan sampel, pengambilan data, pewarnaan bakteri. Rancangan generator ultrasonik disusun berdasarkan skema rangkaian di bawah ini.



Gambar 1. Gambar rangkaian.

Langkah-langkah dalam perlakuan sampel adalah sebagai berikut: Sampel yang telah disiapkan di atas kemudian diberikan perlakuan radiasi gelombang ultrasonik dengan berbagai macam variasi frekuensi. Suspensi dengan konsentrasi 10^{-8} dari tabung reaksi yang telah dituang ke dalam cawan petri secara aseptik, masing-masing diradiasi dengan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi antara 40 kHz sampai dengan 50 kHz pada jarak 10 cm dari *transmitter* ultrasonik selama 10 menit. Untuk mengetahui persentase kematian dari bakteri *E.coli* maka, bakteri *E.coli* sebelum dan sesudah diradiasi masing-masing dituangi media Nutrient Agar yang bersuhu ± 500 C. Setelah padat, diinkubasi selama 2x24 jam dengan posisi terbalik. Selanjutnya jumlah koloni bakteri *E.coli* yang tumbuh dihitung. Persentase kematian bakteri *E.coli* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{A}{Y} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan:

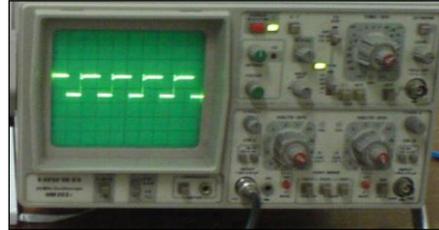
P = Persen kematian bakteri *E.coli*

A = Selisih antara jumlah koloni sebelum dan sesudah radiasi.

Y = Jumlah koloni sebelum radiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi generator ultrasonik bertujuan untuk mendapatkan besarnya frekuensi yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah mendapatkan frekuensi yang diinginkan, maka generator ultrasonik telah siap digunakan untuk membunuh bakteri *E. coli*.



Gambar 2. Tampilan hasil kalibrasi generator ultrasonik.

Keterangan:

Volt/Div = 5 Volt/Div

Time/Div = 10 μ s/Div

T (Periode) = 20 μ s

f (Frekuensi) = 50 kHz

Tabel 1. Hasil pengamatan kematian bakteri *E. Coli* akibat radiasi gelombang ultrasonik terhadap variasi frekuensi pada kerapatan 10^{-8} cfu/ml.

Pengulangan	Frekuensi (kHz)	Y (cfu/ml)	Y' (cfu/ml)	X (cfu/ml)	\bar{X} (cfu/ml)	% Kematian Bak. <i>E.coli</i>	% Rata-rata
1		282	263	19		6,7	
2	40	248	227	21	22,3	8,5	9,3
3		213	186	27		12,7	
1		208	176	32		15,4	
2	42	211	182	29	32,7	13,7	14,1
3		282	245	37		13,1	
1		216	168	48		22,2	
2	45	228	182	46	43,7	20,2	26,1
3		103	66	37		35,9	
1		298	244	54		18,1	
2	48	109	59	50	53,3	44,0	29,7
3		216	158	58		26,9	
1		97	37	60		61,9	
2	50	212	149	63	65,7	29,7	38,8
3		298	224	74		24,8	

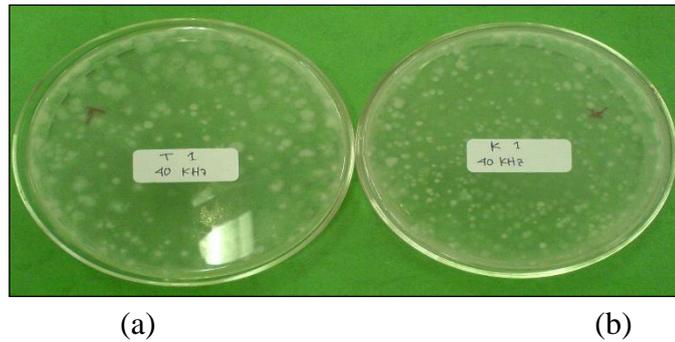
Keterangan:

Y = Bakteri *E.coli* sebelum radiasi

X = Kematian bakteri *E.coli*

Y' = Bakteri *E.coli* sesudah radiasi

\bar{X} = Rata-rata kematian bakteri *E.coli*



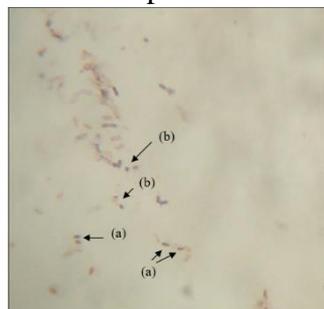
Gambar 3. (a) Koloni bakteri *E. Coli* (Kerapatan 10^{-8}) yang telah diradiasi dengan gelombang ultrasonik frekuensi 40 kHz dan (b) Koloni bakteri *E. Coli* (Kerapatan 10^{-8}) yang tidak diradiasi dengan gelombang ultrasonik.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada sampel bakteri *E.coli* yang tidak diradiasi dengan gelombang ultrasonik jumlah populasi (koloni) bakteri *E.coli* yang tumbuh dalam media sangat banyak yaitu sebanyak 282 cfu/ml (gambar 3(b)). Sedangkan untuk yang diberi perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz jumlah koloni bakteri *E.coli* yang tumbuh pada media terlihat lebih sedikit yaitu sebanyak 263 cfu/ml (gambar 3(a))



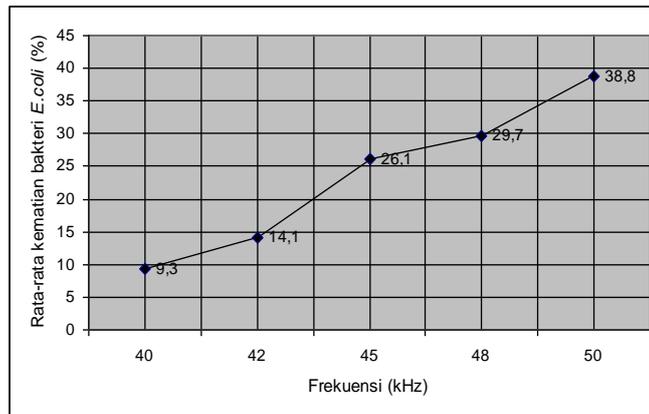
Gambar 4. *E. coli* yang tidak diradiasi (pembesaran 100,10x) dengan pewarnaan gram.

Pada gambar 4 dengan pengamatan menggunakan mikroskop, pembesaran 100,10x dan dengan pewarnaan Gram bakteri dapat dilihat bahwa sel bakteri *E.coli* yang tidak diberi perlakuan radiasi gelombang ultrasonik sel normalnya berbentuk batang dengan cairan didalam selnya yang masih utuh dan berwarna pekat.

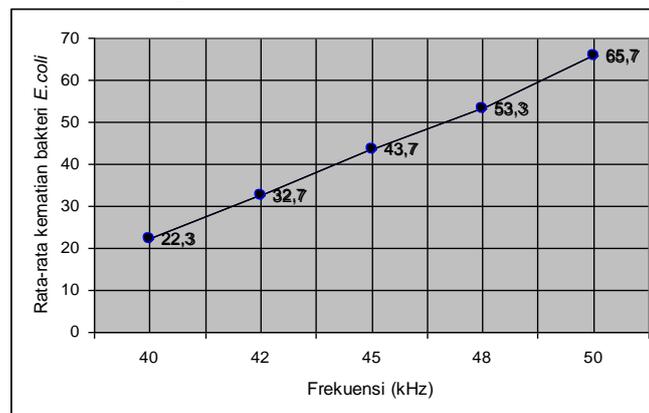


Gambar 5. *E. coli* yang telah diradiasi gelombang ultrasonik dengan waktu 10 menit dan frekuensi 50 kHz (pembesaran 100,10x) dengan pewarnaan gram: (a). Sel *E. coli* mengecil, (b) Sel *E. coli* mengalami lysis.

Pada gambar 5 dengan pengamatan menggunakan mikroskop, pembesaran 100,10x dan dengan pewarnaan Gram bakteri dapat dilihat bahwa sel bakteri *E.coli* yang diberi perlakuan radiasi gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz dengan waktu 10 menit dan jarak 10 cm ukuran selnya mengecil dan dinding selnya pecah yang menyebabkan cairan di dalam selnya hilang (*lysis*). Grafik hubungan rata-rata kematian bakteri *E.coli* terhadap variasi frekuensi yang digunakan dapat ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 6. Grafik presentase rata-rata kematian bakteri *E. coli*.



Gambar 7. Grafik rata-rata kematian bakteri *E. coli*.

Pada gambar 6 dan gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa persentase rata-rata kematian bakteri *E.coli* meningkat sebanding dengan kenaikan frekuensi. Demikian halnya dengan rata-rata kematian bakteri *E.coli*, semakin besar frekuensi yang digunakan maka semakin besar pula rata-rata kematian bakteri yang ditimbulkan. Dari gambar 3 terlihat bahwa dengan metode cawan hitung bakteri *E.coli* sebelum perlakuan radiasi menunjukkan jumlah koloni sebanyak 282 cfu/ml (gambar 3 b), tetapi setelah diradiasi dengan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz menunjukkan kematian atau pengurangan jumlah koloni bakteri *E.coli* sebanyak 19 cfu/ml (gambar 3 a).

Hal ini disebabkan karena jarak dari sumber gelombang ke sampel sangat dekat (10 cm), maka intensitas yang diterima oleh sampel cukup tinggi. Intensitas bunyi yang diterima oleh sampel sebanding dengan energi bunyi yang diterima oleh sampel, jadi semakin tinggi frekuensi bunyi yang digunakan maka semakin tinggi pula energi bunyi yang diterima oleh sampel tersebut. Dengan tingginya energi bunyi, maka persentase kematian bakteri *E.coli* juga semakin besar. Hal ini menyebabkan efek energi gelombang ultrasonik pada bakteri tersebut semakin kuat. Efek energi tersebut kemungkinan dapat berupa getaran (vibrasi) atau stress mekanik yang kuat pada sel bakteri *E.coli* sehingga menyebabkan terjadinya koagulasi (penggumpalan) protein dan merusak asam nukleat bakteri tersebut. Adanya kerusakan pada sel bakteri ini akan mengakibatkan bakteri mati (Ackerman et al, 1988)[7]. Bakteri yang berada dalam medan sonik akan mengalami getaran hebat, tegangan yang besar, dan pada dinding sel tipis akan terjadi kerapatan dan peregangan. Bila regangan pada dinding sel ini besar sampai melampaui batas elastisitas, maka dinding sel ini akan robek sehingga mengakibatkan bakteri mati karena tekanan mekanis yang disebabkan oleh gelombang bunyi.

Dari hasil pengamatan jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada media dan hasil pewarnaan Gram bakteri terlihat bahwa ada perbedaan yang signifikan antara bakteri yang diberi perlakuan radiasi gelombang ultrasonik dengan bakteri yang tidak diberi perlakuan radiasi. Hal ini didukung oleh Ackerman *et al* (1988) yang menyatakan bahwa sejumlah besar percobaan yang telah dilakukan dengan banyak macam sel termasuk sel-sel darah, protozoa, bakteri dan algae semuanya menunjukkan bahwa sel-sel itu rusak oleh perobekan mekanis sebagai akibat langsung kavitasi (pecahnya zat cair)[13]. Dari hasil pewarnaan Gram, bakteri *E.coli* yang telah diradiasi dengan gelombang ultrasonik menunjukkan bahwa pada sel bakteri memperlihatkan adanya kelainan bentuk sel yaitu terjadi penyusutan bentuk sel, dinding selnya pecah dan mengalami lysis (hilangnya cairan di dalam sel).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: 1). Telah dirancang generator ultrasonik yang dapat digunakan sebagai pembunuh bakteri *E.coli*. Generator ultrasonik ini mempunyai range frekuensi berkisar antara 40 kHz – 50 kHz; 2). Persentase rata-rata kematian bakteri *E.coli* yang ditimbulkan meningkat sebanding dengan kenaikan frekuensi yang digunakan, 40 kHz sebesar 9,3 %, sebesar 14,1 %, 45 kHz sebesar 26,1 %, 48 kHz sebesar 29,7 %, dan pada frekuensi 50 kHz sebesar 38,8 %; 3). Bakteri *E.coli* setelah diradiasi dengan gelombang ultrasonik mengalami kelainan sel yaitu terjadi pengecilan bentuk sel, dinding selnya pecah dan mengalami lysis.

DAFTAR PUSTAKA

- ugiri, Elektronika Dasar & Peripheral Komputer, Andi Offset, Yogyakarta, 2014.
- Malvino, Prinsip-Prinsip Elektronika Terjemahan (penerjemah; Ir. Alb. Joko Santoso, MT), Salemba Teknika, Jakarta, 2013.
- Zamil N.A., Penentuan Percepatan Getaran Pada Permukaan Benda Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Udayana. 2016.
4. Sitompul S.S., Pengendalian Hama Belalang Kembara Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik Di Kalimantan Barat, 2015, www.damandiri.or.id.
- Staf Pengajar Fakultas Kedokteran UI, Mikrobiologi Kedokteran, Binarupa Aksara, Jakarta, 1994. www.home.comcast.net/~snd productions/schematics.htm.
- Mahsuna D., Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Bakteri Escherichia coli (*E.coli*), Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Udayana, 2012.
- Kawuri R., Bahan Ajar Mikrobiologi, Lab Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Udayana.
- Holt G.J., Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition, Lippincott Williams dan Wilkins. 1994.
- Prescot M.L., Microbiology Second Edition, Wm. C Brown Publishers. London. Inggris. 1993.
- Coughlin, R.F., dan Driscoll, F.F., Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier, Erlangga, 1992.
- Kawuri R., Penuntun Praktikum Mikrobiologi Umum Untuk Program Studi Farmasi FMIPA UNUD, Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Udayana, 2017.
- Dewi K., Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus dan Salmonella sp., Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Udayana, 2014.