

# EFEK MEDAN LISTRIK AC TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Klebsiella Pneumoniae*

Oleh :

Mokhammad Tirono\*

**ABSTRAK:** Penghambatan pertumbuhan bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada ikan kembung dengan medan listrik *alternating current* (AC) telah dilakukan. Medan Listrik AC yang digunakan divariasikan dari 0,38 kV/cm sampai 5 kV/cm dengan frekuensi 50 Hz, sedangkan waktu paparan 10 menit.

Pada penelitian ini dilakukan penumbuhan bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada media NA selama 24 jam dan berikutnya ditumbuhkan pada medium NB dan ikan yang sudah disterilkan selama 24 jam. Bakteri yang sudah ditumbuhkan pada medium NB dan ikan kemudian dipapar dengan medan listrik AC dengan variasi kuat medan yaitu dari 0,38 kV/cm sampai 5 kV/cm dengan waktu paparan 10 menit. Setelah dipapar bakteri ditumbuhkan pada medium NB selama 24 jam dan berikutnya diencerkan dengan aquades untuk dihitung jumlah koloninya.

Hasil uji menggunakan *univariate analysis of variance* didapatkan nilai signifikansi 0,000 yang menunjukkan ada perbedaan yang signifikan untuk masing-masing kuat medan listrik. Menggunakan *statistic post hoc test* diperoleh bahwa dengan kuat medan 5 kV/cm mempunyai faktor hambat 0,99, sedangkan dengan kuat medan 0,38 kV/cm mempunyai faktor hambat 0,3. Terhambatnya pertumbuhan bakteri ini disebabkan oleh karena membran seluler bakteri rusak, sehingga menyebabkan keluarnya materi intraseluler. Kerusakan membran seluler disebabkan oleh terjadinya elektroporasi yang dapat meningkatkan potensial membran. Semakin tinggi medan listrik yang dikenakan, maka peningkatan tegangan transmembran semakin tinggi.

**Key Words:** Medan listrik, pertumbuhan, *Klebsiella pneumoniae*, elektrode, faktor hambat

## PENDAHULUAN

Ikan laut memiliki berbagai kandungan gizi yang sangat komplit dan sangat dibutuhkan oleh tubuh. Menurut Domingo J. L Salah satu kandungan gizi ikan laut yang sangat penting untuk kesehatan adalah omega 3 [3]. Namun yang menjadi masalah adalah daya tahan ikan laut ketika sudah mati sangat pendek. Oleh karena itu penyimpanan dalam jangka panjang perlu penanganan yang serius, terutama ikan dari famili *scombroideae* yang dapat menghasilkan histamin dalam jumlah besar. Histamin adalah penyebab sejumlah peristiwa keracunan makanan, terutama dari konsumsi jenis ikan tertentu [5]. Keracunan yang disebabkan makanan yang terjadi ketika orang memakan ikan dimana bakteri telah mengkonversi *histidine* menjadi histamin disebut *Histamine fish poisoning* (HFP) [7].

Histamin dihasilkan oleh mikroorganisme pembusuk tertentu melalui aksi dari enzim *histidine decarboxylase* (*hdc*) yang mengubah asam amino histidin menjadi histamin (Butler K. B., et. al., 2010). Beberapa jenis bakteri yang mampu menghasilkan enzim *hdc* adalah termasuk kelompok *Enterobacteriaceae*, misalnya: *Enterobacter agglomerans*,

---

\* Staf pengajar pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang

*Enterobacter cloacae*, *Enterobacter intermedium*, *Hafnia alvei*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Morganella morganii* [9]. Oleh karena itu untuk menghambat produksi histamin pada ikan dapat dilakukan dengan cara menghambat pembiakan bakteri penghasil *enzim hdc* pada ikan tersebut.

Penghambatan pembiakan bakteri menggunakan bahan-bahan berbahaya seperti pengawet, pewarna, dan penstabil masih sering ditemukan pada produk-produk pangan termasuk perikanan [4]. Penggunaan bahan berbahaya seperti formalin masih marak dilakukan, seperti yang diberitakan oleh Himpunan Kerukunan Tani Indonesia (HKTI) tanggal 24 Februari 2012 dimana Kepala Dinas KP2K, Suhartini menyatakan lebih baik 25 ton ikan berformalin yang ditangkap pihak karantina itu dimusnahkan daripada dire-ekspor [12]. Agar hal seperti ini tidak terjadi lagi, perlu dicarikan jalan keluar untuk mengatasinya, khususnya dengan biaya operasional yang murah dan mudah dilakukan. Beberapa alternatif telah mulai diteliti, misalnya dengan cara memapar medan listrik ac.

Penghambatan pembiakan bakteri menggunakan medan listrik ac didasarkan pada terjadinya elektroporasi pada membran sel bakteri, sehingga menyebabkan pori *irreversibel* dan *reversibel* tergantung dari intensitasnya [10]. Elektroporasi terjadi karena medan listrik menyebabkan pergeseran muatan pada sel bakteri, sehingga terpolarisasi. Polarisasi muatan menyebabkan terbentuknya pori hidrofilik dan peningkatan tegangan transmembran. *When a high voltage is applied to a liquid containing microbial cells, a transmembrane potential is induced across the membrane of the cell* [2]. Tingginya tegangan transmembran menyebabkan rusaknya membran sel dan dengan adanya pori hidrofilik menyebabkan aliran materi intraseluler.

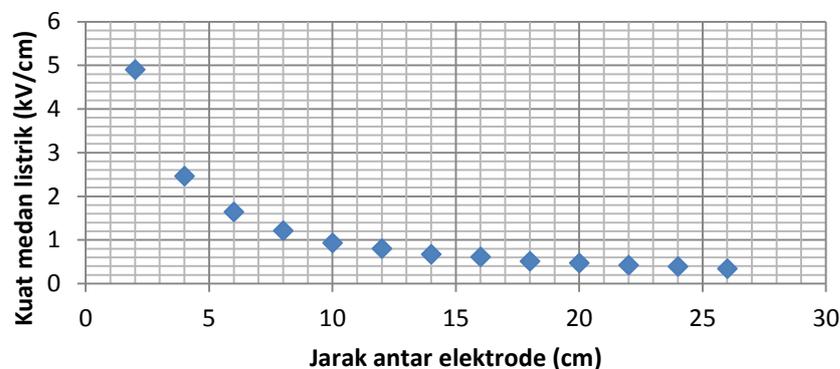
Penelitian pendahulu untuk menghambat pembiakan bakteri menggunakan medan listrik berpulsa telah dilakukan oleh *Geveke D.J. dan Kozempel M. F.* Sampel penelitian adalah bakteri *Candida stellata*, *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, dan *Saccharomyces Cerevisiae*. Medan listrik berpulsa yang digunakan mempunyai tegangan puncak 2,5 kV, durasi pulsa 0,3 ms. Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah pulsa yaitu dari 0 sampai 20 pulsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan lima pulsa bakteri *Saccharomyces cerevisiae* berkurang  $3.3 \pm 0.6 \log \text{ cfu/mL}$  dan *Candida stellata* berkurang  $3.5 \pm 0.2 \log \text{ cfu/mL}$ . Dengan 20 pulsa bakteri *Escherichia coli* berkurang  $1.3 \pm 0.4 \log \text{ cfu/mL}$  dan *Listeria innocua* berkurang  $2,5 \log \text{ cfu/mL}$  pada pH 6,6 [6]. Kelemahan dari penelitian ini adalah pengurangan jumlah bakteri relatif kecil. Penelitian yang sama dilakukan oleh *Bonetta S.et.al.* Sampel penelitian adalah Bakteri *E. Coli* dan *S. Aureus* yang ditumbuhkan

pada medium kedelai. Uji *E. Coli* dengan medan listrik 25 kV/cm, durasi pulsa 1  $\mu$ s, frekwensi pulsa 1 Hz, dan dipapar sebanyak 350 pulsa. Uji *S. Aureus* dengan kuat medan listrik 30 kV/cm, durasi pulsa 1  $\mu$ s, frekwensi pulsa 1 Hz, dipapar sampai 350 pulsa. Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah pulsa yaitu dari 0 sampai 350 pulsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dipapar sebanyak 350 pulsa jumlah bakteri *E.Coli* yang tidak aktif adalah 5 logs, sedangkan jumlah bakteri *S. Aureus* yang tidak aktif adalah > 8 logs. [1]

Kelemahan dari penelitian ini adalah belum adanya karakterisasi kuat medan listrik yang digunakan sangat besar. Oleh karena itu untuk memperjelas penyebab terjadinya kematian bakteri perlu adanya karakterisasi medan listrik. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya lanjutan untuk mendiskripsikan penghambatan pertumbuhan bakteri. Pada penelitian ini dilakukan paparan medan listrik ac dan dilakukan karakterisasi medan listriknya sebelum digunakan untuk melakukan paparan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

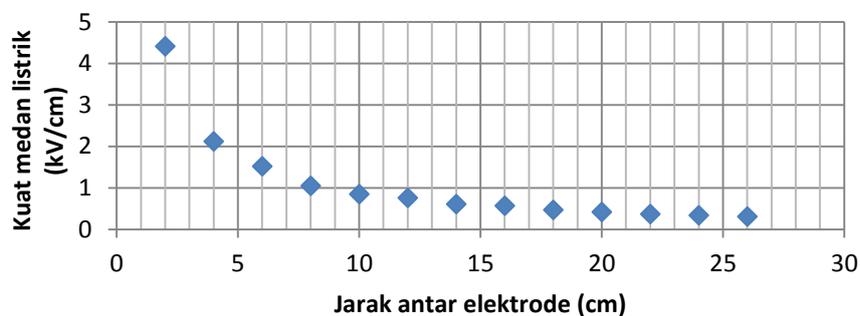
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi kuat medan listrik dilakukan dengan merubah jarak antar elektrode yaitu dari 2 cm sampai 26 cm. Karakterisasi awal dilakukan dengan membiarkan udara bebas berada diantara elektrode plat sejajar. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar elektrode semakin kecil kuat medan listriknya dan pada jarak elektrode 26 cm kuat medan listrik terukur sebesar 0,34 kV/cm. Grafik hubungan antara jarak antar elektrode dan kuat medan listrik dengan medium diantaranya udara terlihat pada gambar 1. Kuat medan terukur mempunyai nilai lebih kecil dari pada hasil perhitungan secara teori.



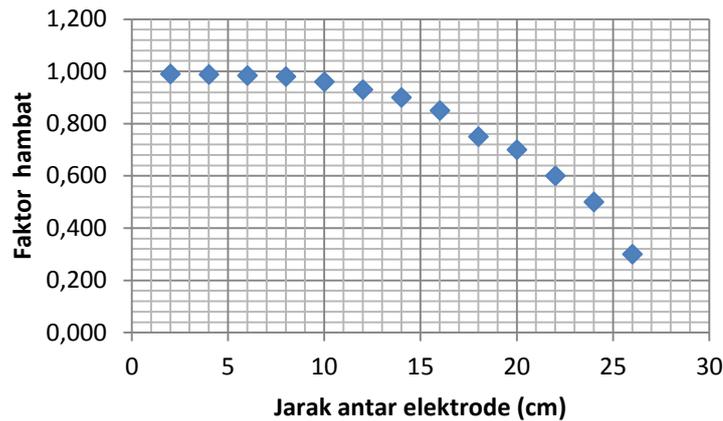
Gambar 1. Grafik hubungan antara jarak antar elektrode dengan kuat medan listrik dengan medium diantara elektrode udara bebas.

Karakterisasi kuat medan diantara dua plat sejajar juga dilakukan dengan memasukkan cawan petri kedalam medium udara. Penambahan cawan petri kedalam medium menunjukkan terjadi penurunan kuat medan listrik. Pada jarak antar elektrode 2 cm tanpa cawan petri kuat medan listriknya 4,90 kV/cm dan dengan penambahan cawan petri berkurang menjadi 0,41 kV/cm. Sementara itu pada jarak elektrode 26 cm tanpa cawan petri kuat medan listriknya 0,34 kV/cm dan dengan cawan petri menjadi 0,31 kV/cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa gabungan cawan petri dan udara membuat konstanta dielektrik bahan diantara elektrode lebih besar dari satu. Grafik hubungan antara jarak antar elektrode dan kuat medan listrik dengan medium diantara elektrode udara bebas dan cawan petri terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara jarak elektrode dan kuat medan listrik dengan medium diantara elektrode udara dan cawan petri tebal 5 mm.

Aplikasi medan listrik ac untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Klebsiella pneumonia* dilakukan dengan menumbuhkan bakteri pada cawan petri. Ketika bakteri tumbuh dengan jumlah  $\cong 10^9$  CFU/ml dipapar dengan medan listrik. Paparan dilakukan dengan selama 10 menit dan tegangan antara antar elektrode sumber 10 kV. Paparan juga dilakukan dengan memvariasi jarak antar elektrode yaitu dari 2 cm sampai 26 cm atau pada kuat medan listrik 5 kV/cm sampai 0,38 kV/cm secara hitungan. Hasil menunjukkan bahwa pada jarak elektrode 2 cm memiliki faktor hambat lebih besar yaitu 0,99 dibanding pada jarak elektrode yang lebih besar. Sementara itu pada jarak elektrode 26 cm faktor hambatnya mengecil yaitu 0,3. Grafik hubungan antara jarak elektrode dengan faktor hambat terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara jarak elektrode dengan faktor hambat medan listrik pada bakteri *Klebsiella pneumonia*

Penurunan kuat medan listrik akibat bertambah jauhnya jarak antar elektrode terjadi, karena kuat medan listrik berbanding terbalik dengan jarak antar dua muatan yang memenuhi persamaan  $E = -\nabla V$  dan pada plat sejajar kuat medan listrik diantara plat memenuhi persamaan  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$  bilamana medium diantaranya adalah ruang hampa. Apabila medium diantara dua plat sejajar diberi cawan petri, maka konstanta dielektrik bahan diantara plat akan naik dan akibatnya kuat medan listriknya akan menurun. Hal ini sesuai dengan persamaan  $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{k\epsilon}$

Pemberian medan listrik  $E$  pada bakteri menyebabkan elektron-elektron pada bakteri mengalami gaya yang arahnya berlawanan dengan arah medan  $E$ . Medan listrik akan menyebabkan posisi muatan positif dan negatif bergeser atau terpolarisasi. Akan tetapi pada umumnya dengan menghilangkan medan listrik, maka posisi atom atau molekul akan kembali ke keadaan normalnya atau *reversible*. Setiap molekul yang terpolarisasi akan membangkitkan medannya sendiri. Kalau diambil pendekatan bahwa molekul berbentuk bola dengan jari-jari  $R$  sama dengan setengah jarak muatan dalam dipole, maka kuat medan lokal memenuhi persamaan :  $E_{lok} = E + b \frac{P}{\epsilon_0}$ . Dengan demikian bilamana kuat medan lokal tersebut terjadi pada membran sel bakteri, maka akan meningkatkan tegangan transmembran. Hubungan antara medan  $E$  dengan peningkatan potensial transmembran secara empiris [8] dirumuskan :

$$\Delta V_s = 0,75 d_c E \cos \theta$$

Dan menurut Zudans [13]

$$\Delta V_m = f_s E r \cos \theta (1 - e^{-t/\tau})$$

Dimana  $\Delta V$  adalah beda potensial transmembrans sel,  $r$  adalah radius sel,  $E$  medan listrik,  $\theta$  adalah sudut antara sisi membran terhadap arah medan,  $f_s$  adalah faktor geometrik, dan  $\tau$  adalah konstanta waktu induksi. Peningkatan potensial transmembran, pada sel membran lipid bilayer dan protein akan mempengaruhi tegangan membran yang menyebabkan porositas [11]. Pada kondisi potensial transmembran meningkat dapat menyebabkan kebocoran pada membran *lipid bilayer*. Pengaruh medan listrik juga menyebabkan molekul lipid reorient, sehingga menghasilkan pori hidrofilik. Bocornya membran lipid bilayer dan adanya pori hidrofilik menyebabkan keluarnya cairan intraseluler, sehingga bakteri tidak aktif dan bahkan mati.

## KESIMPULAN

Pemberian beda potensial 10 kV pada plat sejajar yang terbuat dari tembaga dapat menghasilkan kuat medan listrik 4,9 kV/cm pada jarak antar elektrode 2 cm dan semakin mengecil kuat medannya jika jarak antar elektrode semakin menjauh. Pada jarak elektrode 26 cm kuat medan listriknya menjadi 0,34 kV/cm. Pemberian cawan petri pada medium diantara elektrode akan menurunkan kuat medan listrik yang dihasilkan yaitu menjadi 4,41 kV/cm untuk jarak elektrode 2 cm dan 0,31 kV/cm untuk jarak elektrode 26 cm. Kuat medan listrik ac apabila digunakan untuk menghambat pembiakan bakteri *Klebsiella pneumonia*, maka pada jarak elektrode 2 cm memiliki faktor hambat 0,99, sedangkan untuk jarak elektrode 26 cm memiliki faktor hambat 0,30.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bonetta S, Bonetta Si., Cortese E. C. P, Dellacasab G., Motta R. G. F, Paganonic M. , Pizzichem M., 2010, *A Pulsed Electric Field (PEF) bench static system to study bacteria inactivation*, 12th Topical Seminar on Innovative Particle and Radiation Detectors (IPRD10) 7 - 10 June 2010 Siena, Italy
- [2] Deeth H.C. dan Datta N., 2011, *Non-Thermal Technologies: Pulsed Electric Field Technology and Ultrasonication*, Elsevier Ltd
- [3] Domingo J. L., Bocio A. Mart-Cid R., Llobet J. M., 2007, *Benefits and risks of fish consumption Part II. RIBEPEIX, a computer program to optimize the balance between the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants*, Toxicology 230 : 227-233
- [4] Dwiwitno dan Riyanto R., 2006, *Studi penggunaan Asap Cair untuk Pengawetan Ikan Kembung Segar*, Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan perikanan I: 143-146.

- [5] Gabernig E.R. Grossgut R, Bauer F., dan Paulsen P., 2009, *Assessment of alimentary histamine exposure of consumers in Austria and development of tolerable levels in typical foods*, Food Control 20 : 423–429
- [6] Geveke D.J dan. Kozempel M. F., 2003, *Pulsed Electric Field Effects On Bacteria And Yeast Cells*, Journal Of Food Processing Preservation **27**: 65-72
- [7] Kanki M., Yoda T., Ishibashi M., dan Tsukamoto T., 2004, *Photobacterium phosphoreum caused a histamine fish poisoning incident*. International Journal of Food Microbiology 92:79– 87
- [8] Lebovka N. I. Dan Vorobiev E., 2003, *On the origin of the deviation from the first order kinetics in inactivation of microbial cells by pulsed electric fields*, Physic/0306118V1/ 14 Juni 2003
- [9] Mangunwardoyo W., Sophia R. A., Dan Heruwati E. S., 2007, *Seleksi Dan Pengujian Aktivitas Enzim L-Histidine Decarboxylase Dari Bakteri Pembentuk Histamin*, Makara, Sains, Vol. 11, No. 2 : 104-109
- [10] Palgan I., Muñoz A., Noci F., Whyte P., Morgan D. J., Cronin D. A., Lyng J.G., 2012, *Effectiveness of combined Pulsed Electric Field (PEF) and Manothermosonication (MTS) for the control of Listeria innocua in a smoothie type beverage*, Food Control 25 : 621-625
- [11] Pizzichemi, M. G. O., 2007, *Application of Pulse Electric Field to Food Treatment*, Nuclear Physic B-172 314-316
- [12] www.hkti.org, 2012, Ikan BNM akan Dimusnahkan, 24 Pebruari 2012, diakses 6 maret 2012.
- [13] Zudans I., Agarwal A., Orwar W., dan Weber S. G., 2007, *Numerical Calculations of Single-Cell Electroporation with an Electrolyte-Filled Capillary*, Biophysical Journal Volume 92 : 3696–3705