

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT MEDAN LISTRIK DC PULSA DENGAN PENGATURAN FREKUENSI UNTUK PROSES ANTIBAKTERI *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) SECARA *In Vitro*

Anas Setiawan

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Dosen Pembimbing: 1. M. Julius, ST., M.S

2. Ponco Siwindarto, Ir., M.eng., Sc

Abstrak – *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) adalah jenis spesifik dari bakteri *Staphylococcus aureus* yang tahan terhadap *methicillin* (jenis antibiotik). MRSA adalah bakteri yang menyebabkan infeksi di beberapa tempat berbeda pada tubuh. Sangat sulit menyembuhkan luka yang sebagian besar diakibatkan oleh kuman *staphylococcus aureus* atau biasa disingkat staph, karena ketahanannya terhadap berbagai antibiotik.

Skripsi ini membahas pengaruh pemberian medan listrik DC pulsa dengan frekuensi yang variabel pada bakteri MRSA. Penelitian ini dilakukan secara *In Vitro* dengan menggunakan tabung reaksi yang sudah diberi elektroda sebagai tempat untuk pengujian bakteri. Elektroda yang digunakan adalah *Stainless steel 314L* dengan dimensi 100 x 10 x 0,8 mm. Jenis sinyal yang digunakan adalah DC pulsa dengan Duty Cycle 50%, Amplitudo 12 V dan dengan 3 macam variable frekuensi sebesar 300 Hz, 600 Hz, 900 Hz.

Tujuan penelitian yang akan diamati yang pertama adalah untuk membandingkan penurunan jumlah koloni bakteri dengan menggunakan antibiotik dibandingkan dengan menggunakan medan listrik DC pulsa. Yang kedua untuk mengetahui pengaruh frekuensi sinyal DC pulsa terhadap penurunan jumlah koloni bakteri. Hasil pengujian dan analisis menyatakan bahwa medan listrik DC pulsa mempunyai daya bunuh bakteri yang lebih besar daripada antibiotik. Semakin besar frekuensi sinyal DC pulsa, semakin besar pula penurunan jumlah koloni bakteri MRSA.

Kata Kunci – antibiotik, frekuensi, jumlah koloni MRSA, Medan Listrik DC Pulsa.

I. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan bagian yang penting bagi manusia karena dengan sehat manusia dapat melakukan berbagai kegiatan dan berpikir dengan baik. Berbagai penyakit bisa saja menyerang organ tubuh manusia apabila tidak memiliki daya tahan tubuh yang kuat. Bakteri adalah salah satu contoh mikroorganisme yang dapat menyerang tubuh manusia apabila tidak memiliki sistem daya tahan tubuh yang kuat.

Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) adalah bakteri yang menyebabkan infeksi di beberapa tempat berbeda pada tubuh. Sangat sulit menyembuhkan luka yang sebagian besar diakibatkan oleh kuman *staphylococcus aureus* atau biasa disingkat staph, karena ketahanannya terhadap berbagai antibiotik.

Pengkajian sifat-sifat listrik terhadap mikroorganisme sebenarnya telah dimulai pada era 1960an melalui beberapa percobaan sederhana. Sejak itu, telah ditemukan beberapa fakta yang menyebutkan bahwa listrik searah (DC) mempunyai daya bunuh terhadap beberapa jenis bakteri melalui mekanisme produksi oksidator hingga kompresi listrik yang mampu melubangi membran sel bakteri (del Pozo et al,2009:41). Teknologi listrik searah (DC) sebagai pembunuh bakteri memiliki prospek yang baik dalam bidang kedokteran mengingat kepentingan eliminasi bakteri banyak terkait dengan pendekatan terapi medis.

Skripsi ini diharapkan dapat memberikan data awal mengenai pengaruh frekuensi medan listrik DC pulsa terhadap penurunan jumlah koloni bakteri MRSA. Sehingga harapannya kedepan data dan analisis yang diperoleh dapat dijadikan referensi untuk pengembangan penelitian yang selanjutnya.

Lingkup kajian berdasarkan permasalahan tersebut dibatasi pada:

1. Pembahasan hanya mengenai sistem elektronika pembangkit medan listrik dan pengaruhnya pada penurunan jumlah koloni bakteri MRSA.
2. Proses pengambilan data secara *in vitro* atau pengujian di dalam tabung uji.
3. Suspensi bakteri yang digunakan pengujian diperoleh dari laboratorium mikrobiologi FKUB.
4. Spesifikasi sinyal yang digunakan adalah memiliki amplitudo 12V, duty cycle 50% dan frekuensi kerja 100-1000 Hz.

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA)

Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) adalah jenis spesifik dari bakteri *Staphylococcus aureus* yang tahan terhadap *methiciline* (jenis antibiotik). MRSA pertama kali ditemukan di Inggris tahun 1961 dan sekarang menyebar luas di semua rumah sakit di dunia. MRSA dikenal sebagai *superbug/superbakteri*. MRSA juga dikenal sebagai *oxacillin-resistant Staphylococcus aureus* (ORSA) dan *Multiple-Resistant Staphylococcus aureus*, dan *Staphylococcus aureus* yang non-resistant *methicillin* dikenal sebagai *methicillin-susceptible Staphylococcus aureus* (MSSA).

Pada awalnya, *Staphylococcus aureus* telah dikenal sebagai suatu penyebab penyakit yang penting di seluruh dunia dan menjadi suatu patogen utama yang terkait dengan infeksi, baik itu yang didapat di rumah sakit (*Hospital-Acquired MRSA=HA-MRSA*) maupun di komunitas (*Community-Acquired MRSA=CA-MRSA*).

Sejak munculnya resistensi terhadap *methicillin*, MRSA telah dikenal luas di berbagai rumah sakit di seluruh dunia, sebagai penyebab *bakteremia*, *pneumonia*, infeksi pasca operasi dan infeksi *nosokomial* lainnya. Infeksi MRSA menimbulkan beban, baik itu kepada pasien maupun sistem kesehatan, sebab berkaitan dengan tingginya akan morbiditas dan mortalitas serta biaya rumah sakit.

Berdasarkan fakta diatas, Adanya kuman *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antimikroba di rumah sakit ataupun komunitas masyarakat merupakan permasalahan serius, sebab kira-kira 90% kuman tersebut adalah kausa penyakit infeksi secara umum, meskipun dari hasil kultur kuman sering bukan penyebab tunggal infeksi.

B. Mekanisme Medan Listrik pada Proses Antibakteri

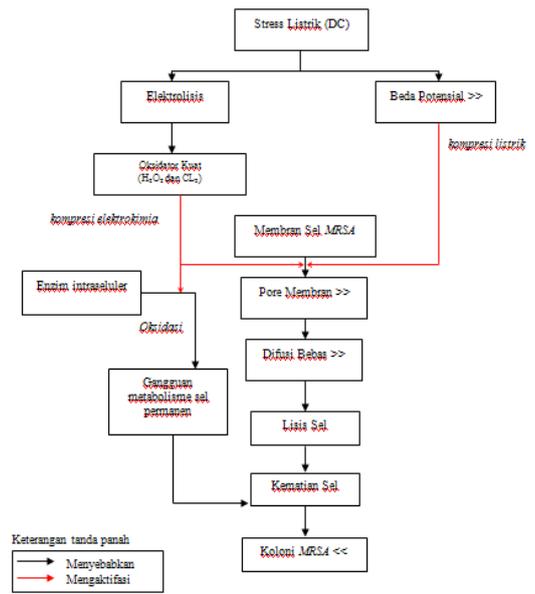
Ada beberapa teori dari pakar medis yang menjelaskan terjadinya kematian sel bakteri karena pengaruh dari medan listrik. Dari beberapa teori, salah satu teori menyebutkan bahwa membran sel adalah *viscoelastic fluid*, sehingga membran dapat mengalami ruptur bila mendapatkan *stress* listrik (Park et al., 2003). Ketika diberikan listrik dengan tegangan tertentu, akan terjadi peningkatan energi pada membran yang kemudian dapat meningkatkan ukuran *pore* membran dan berubah menjadi *hydrophilic pore* dimana difusi bebas dapat terjadi (Park et al., 2003).

Sebuah hipotesis lain yang disebut dengan "*dielectric breakdown*". Dengan adanya tarikan arus atau ion yang berlawanan antara permukaan dalam dan luar membran sel, dapat menyebabkan tekanan yang pada akhirnya terjadi penipisan membran. Ketika penipisan membran terjadi terlalu kuat, sedangkan membran bersifat homogen padat, maka akan dapat terjadi ruptur membran yang ireversibel (Park et al., 2003).

Teori yang paling dapat diterima secara luas adalah teori elektroporasi yang parah (pembentukan *pore*/lubang pada membran sel yang disebabkan oleh listrik tegangan tinggi), dimana terjadi instabilitas lokal pada membran mikroorganisme yang diberi aliran listrik (berakibat kompresi elektrokimia dan tekanan energi listrik) (Park et al., 2003).

Besar medan listrik yang dibutuhkan untuk dapat melubangi membran sel bakteri jauh lebih kecil dibandingkan dengan besar medan listrik yang dibutuhkan untuk dapat melubangi membran sel manusia, hal ini dikarenakan konduktivitas membran sel bakteri dan manusia yang berbeda (Marquis dan Carstensen, 1972). Dengan demikian, paparan listrik dengan besar tegangan tertentu yang ditujukan untuk melisis sel bakteri tidak akan menyebabkan efek

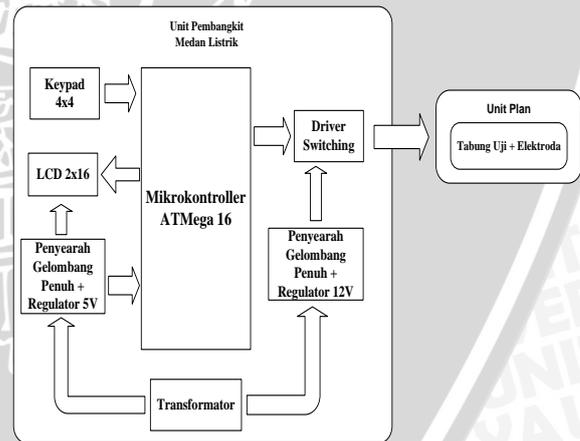
yang sama terhadap sel manusia (Marquis dan Carstensen, 1972). Dalam **Gambar 1** menunjukkan konsep medan listrik pada proses antibakteri.



Gambar 1. Konsep Medan Listrik pada Proses Antibakteri

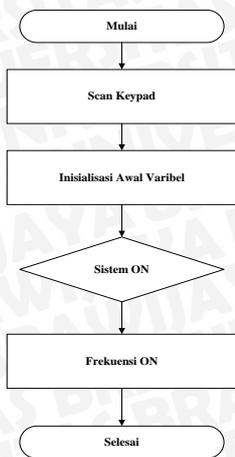
II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dibagi menjadi dua, yaitu perancangan unit pembangkit medan listrik dan perancangan unit plan tabung uji. lok diagram sistem dan diagram alir ditunjukkan dalam **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem
Sumber: Perancangan

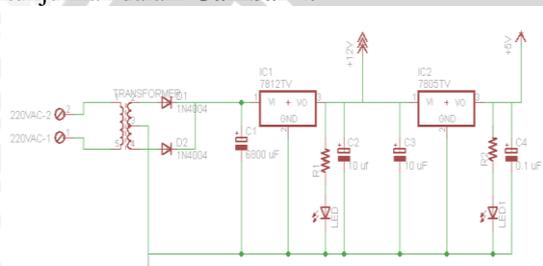




Gambar 3. Diagram Alir Kerja Sistem
Sumber: Perancangan

A. Perancangan Catu Daya

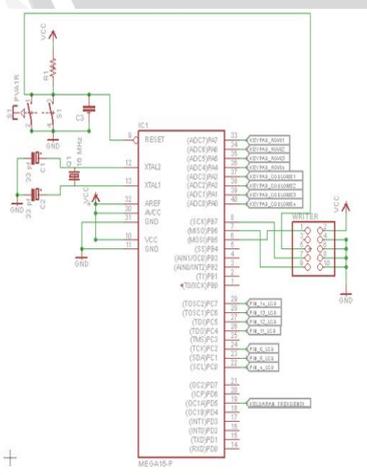
Pada perancangan catu daya, tegangan yang dibutuhkan adalah 5V untuk mikrokontroller dan backlight LCD, 12V untuk mensupply rangkaian driver switching. Gambar rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Catu Daya
Sumber: Perancangan

B. Perancangan Mikrokontroller

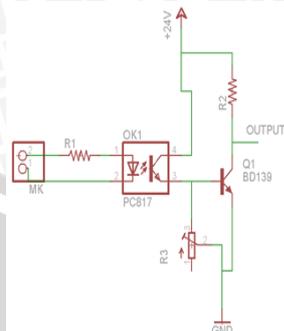
Pada perancangan minimum sistem mikrokontroller menggunakan mikrokontroller ATmega16 sebagai pengolah utama dalam membangkitkan sinyal DC pulsa. Konfigurasi pin I/O dari mikrokontroller ATmega16 ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 5. Konfigurasi Pin Mikrokontroller
Sumber: Perancangan dan Pembuatan Alat

C. Perancangan Rangkaian Driver Switching

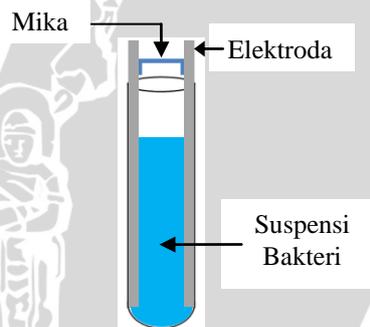
Rangkaian driver switching menggunakan optocoupler PC817 yang berfungsi untuk memisahkan tegangan 5 V keluaran mikrokontroller dengan tegangan 12 V dari rangkaian catu daya. Rangkaian driver switching ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 6. Rangkaian Driver Switching
Sumber: Perancangan

D. Perancangan Plan Tabung Uji

Tabung uji yang akan digunakan sebagai chamber bakteri yang akan diberi perlakuan medan listrik terbuat dari tabung reaksi kaca dengan ukuran 10 x 1,5 cm. Kemudian elektroda yang digunakan adalah stainless steel 304L dengan ukuran 120 x 100 x 0,8 mm. Jarak antar elektroda pada perancangan ditentukan sebesar 10 mm. Pada ujung elektroda diberi mika yang terpasang dengan masing-masing elektroda. Mika disini berfungsi sebagai penahan agar jarak antar elektroda selalu sama. Perancangan mekanik tabung uji ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Mekanik Plan Tabung Uji
Sumber: Perancangan

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Catu Daya

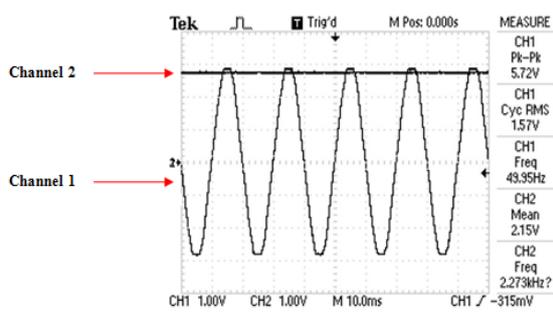
1) Pengujian Catu Daya 12V

Pengujian rangkaian catu daya bertujuan untuk mengetahui kesesuaian tegangan keluaran dari catu daya. Catu daya 12 V diperoleh dari sumber tegangan jala-jala AC 220 V yang disearahkan melalui rangkaian konverter AC ke DC.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Pengujian pertama dilakukan untuk mengamati tegangan masukan dan keluaran penyearah gelombang penuh. Channel 1 osiloskop dihubungkan dengan kumparan sekunder transformator sebagai masukan ke penyearah gelombang penuh, sedangkan channel 2 osiloskop dihubungkan dengan keluaran penyearah

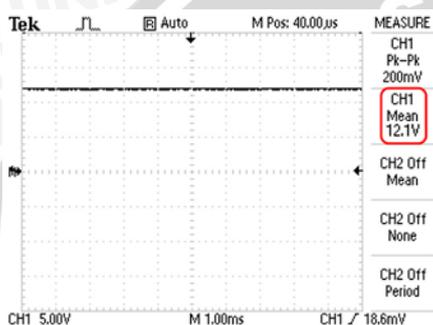


gelombang penuh. Hasil pengujian ditunjukkan dalam **Gambar 8**.



Gambar 8. Tegangan Masukan dan Keluaran pada Penyearah Gelombang Penuh

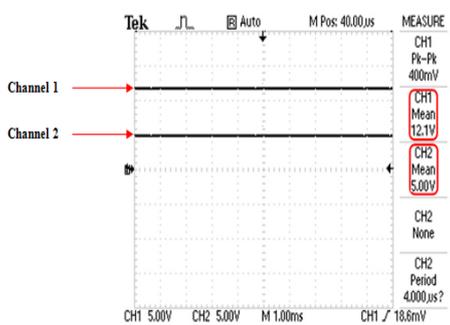
Hasil pengujian tegangan keluaran pada *fixed output regulator* 7812 ditunjukkan dalam **Gambar 10**.



Gambar 9. Tegangan Keluaran Pada Fixed Output Regulator 7812

2) Pengujian Catu Daya 5V

Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Channel 1 osiloskop dihubungkan dengan sumber tegangan 12 V, sedangkan channel 2 osiloskop dihubungkan dengan keluaran rangkaian regulator LM7805. Hasil pengujian tegangan masukan dan tegangan keluaran pada rangkaian catu daya 5 V ditunjukkan dalam **Gambar 10**.



Gambar 11. Tegangan Keluaran Pada Fixed Output Regulator 7805

Dari hasil pengujian catu daya dapat dianalisis bahwa rangkaian catu daya yang dibuat dapat menghasilkan tegangan sesuai yang diinginkan dengan ripple tegangan yang kecil.

B. Pengujian LCD

Pegujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui keberhasilan LCD menampilkan tulisan

sesuai dengan perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler.

Dalam pengujian ini, LCD dapat menampilkan tulisan “PENGUJIAN” pada baris pertama dan “LCD” pada baris kedua. Hasil pengujian modul LCD ditunjukkan dalam **Gambar 11**.



Gambar 11. Hasil Pengujian LCD

Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa modul LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai spesifikasi yang ditentukan.

C. Pengujian Keypad

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah keypad dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini tidak jauh berbeda dengan proses penentuan baris dan kolom dari sebuah tombol pada keypad. Hasil pengujian keypad ditampilkan dalam Tabel 1.

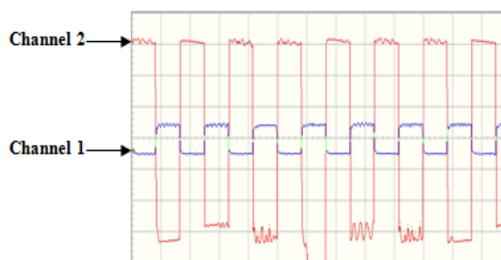
Tabel 1 Hasil Pengujian keypad 4x4

Tombol Keypad yang Ditekan	Tertampil Pada LCD
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
0	0

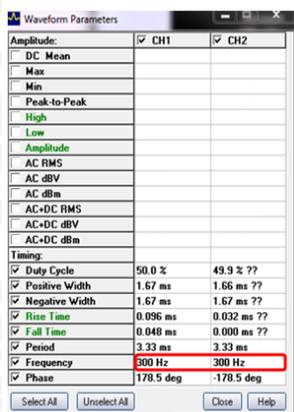
Dari hasil pengujian keypad dapat dianalisis bahwa keypad dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

D. Pengujian Rangkaian Switching

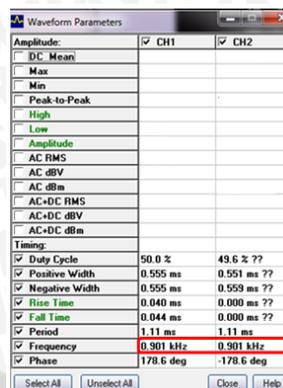
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara frekuensi keluaran mikrokontroler dengan frekuensi rangkaian driver switching. Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop PCSU1000. Channel 1 dihubungkan dengan keluaran pin D.5 mikrokontroler. Kemudian channel 2 dihubungkan dengan keluaran rangkaian driver switching. Grafik hasil pengujian dengan frekuensi 300 Hz, 600 Hz dan 900 Hz ditunjukkan dalam **Gambar 12** sampai **Gambar 17**.



Gambar 13. Pengujian Sinyal Frekuensi 300Hz

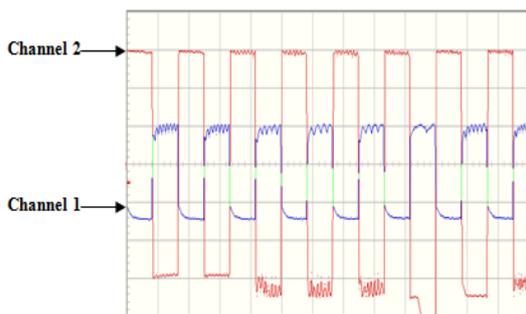


Gambar 14. Parameter Pengujian Frekuensi 300Hz



Gambar 18. Parameter Pengujian Frekuensi 900Hz

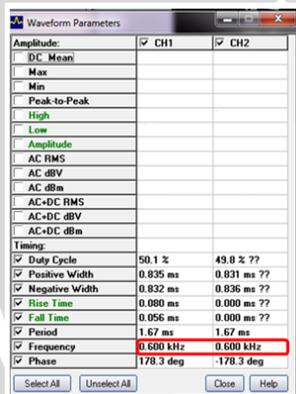
Hasil pengujian driver rangkaian switching dengan range frekuensi 100 – 1000 Hz ditunjukkan dalam Tabel 1.



Gambar 15. Pengujian Sinyal Frekuensi 600Hz

Tabel 1 Data hasil Pengujian Frekuensi dan Duty cycle

OCR	Frekuensi Pin D.5 MK (Hz)	Frekuensi Rangkaian Switching (Hz)	Error (%)	Duty Cycle Pin D.5 MK	Duty Cycle Rangkaian Switching	Error (%)
1249	100	100	0	50%	50%	0
624	200	200	0	50%	50%	0
415	300	300	0	50%	49,9%	0,2
311	400	400	0	50%	49,9%	0,2
249	500	500	0	50%	49,8%	0,4
207	600	600	0	50,1%	49,8%	0,4
177	700	700	0	50%	49,7%	0,6
155	800	800	0	50%	49,7%	0,6
138	900	900	0	50%	49,6%	0,8
124	1000	1000	0	50%	49,6%	0,8
Kesalahan Rata-Rata			0			0,4



Gambar 16. Parameter Pengujian Frekuensi 600Hz

Dari hasil pengujian sinyal frekuensi dan parameter frekuensi dapat dianalisis bahwa sinyal keluaran rangkaian berbentuk pulsa dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi pin mikrokontroler. Error rata-rata yang dihasilkan rangkaian driver switching sebesar 0,4%. Sehingga hasil pengujian sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

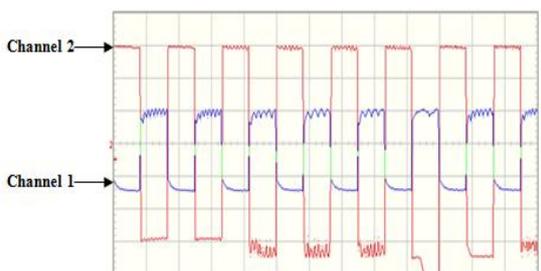
E. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Hasil pengujian jumlah koloni bakteri setelah pengujian ditunjukkan dalam Tabel 3.

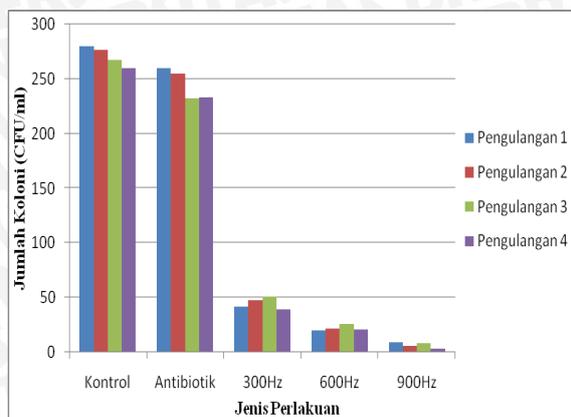
Tabel 3. Hasil Pengujian Koloni Bakteri

Pengulangan	Kontrol	Antibiotik	300Hz	600Hz	900Hz
I	280	260	42	20	9
II	277	255	48	22	6
III	267	232	51	26	8
IV	260	233	39	21	3
Rata-Rata	271	245	45	22,25	2,5

Grafik hasil pengujian dengan pengulangan pertama sampai kelima ditunjukkan dalam Gambar 19..



Gambar 17. Pengujian Sinyal Frekuensi 900Hz



Gambar 19. Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Dari hasil pengujian sistem keseluruhan dapat dianalisis bahwa Antibiotik *amoxicillin* mempunyai daya bunuh bakteri yang lebih kecil daripada daya bunuh medan listrik DC pulsa dengan variabel frekuensi. Semakin besar frekuensi yang digunakan maka semakin besar pula jumlah penurunan bakteri MRSA.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan sistem catu daya 12 V dan 5 V berfungsi dengan baik. Kesalahan pada catu daya 5V adalah 0% dan catu daya 12 V adalah 0,83%.
- 2) Rangkaian driver switching berfungsi dengan baik. Hal ini ditunjukkan pada grafik sinyal keluaran driver switching yang mempunyai respon *time rise* dan *time fall* yang sangat kecil.
- 3) Sistem elektronika yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik dan menunjang sistem pembangkit medan listrik yang berfungsi sebagai proses antibakteri. Hal ini ditunjukkan dengan adanya hasil pengujian sistem keseluruhan yang menunjukkan bahwa adanya penurunan jumlah koloni bakteri yang signifikan ketika frekuensi medan listrik DC pulsa dinaikkan.
- 4) Daya bunuh medan listrik DC pulsa lebih besar daripada antibiotik *amoxicillin*.

B. Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Perlu penelitian lebih lanjut untuk merancang peralatan yang mampu mengatasi kendala teknis penerapan aplikasi listrik pada penelitian terhadap hewan coba maupun manusia.
- 2) Perlu penelitian lebih lanjut mengenai efek paparan listrik terhadap kondisi fungsional tubuh manusia sehingga dapat ditentukan tingkat keamanannya bila diterapkan pada manusia.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmel. 2007. *8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16*. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/atmel/2486S.pdf>. Diakses tanggal 30 Juni 2012.
- [2] W.-K. Liu *et al.* 1997. *Mechanisms of the bactericidal activity of low amperage electric current (DC)*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. **39**, 687–695, 688.
- [3] Schulz *et al.* 2003. *united states patent*. US 6.580.086 B1.
- [4] J.P.O’Gara. 2001. *Staphylococcus epidermidis biofilms: importance and implications*. *Journal Medical Microbiology*. Vol 50. ISSN 0022-2615, 583.
- [5] Szuminsky, *et al.* 1994. *Effect of alternating and direct currents on Pseudomonas aeruginosa growth in vitro*. Vol. 9(38), pp. 6373-6379.
- [6] Chilmi. 2006. *Aktivitas Antibakteri Paparan Arus Listrik Searah DC 9 V Berdasarkan Durasi Waktunya Terhadap Pertumbuhan E.Coly: Suatu Kajian In Vitro*. <http://elibrary.ub.ac.id/handle/123456789/18334?mode=full>. Diakses tanggal 28 Juni 2012.
- [7] Hanapi, Gunawan (penerjemah) Malvino A. P. 1996 *Prinsip-Prinsip Elektronika, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Heryanto, Wisnu. 2010. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega 16*. Yogyakarta: Andi.
- [9] Sutrisno. 1987. *Elektronika, Teori dan Penerapannya*. Bandung: ITB
- [10] Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Microcontroller*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [11] Cutting, Keith F. 2006. *Electrical Stimulation in The Treatment of Chronic Wounds*. *Wound UK, March 2006, vol 2. No.1*
- [12] Sussman, Carrie. 1998. *Electrical Stimulation*. (<http://www.medicaledu.com> pada tanggal 16 Mei 2012)
- [13] Talaro, Kathleen P. 2005. *Foundations in Microbiology: Basic Principles 5th edition*. McGraw-Hill. New York
- [14] The World of Microbes. 2004. *Escherichia coli*. (<http://www.bact.wisc.edu>, diakses tanggal 8 September 2005)
- [15] Tortora, Gerald J., Funke, Berdell R., Case, Christine L. 2001. *Microbiology an Introduction 7th edition*. Benjamin Cummings. USA