

repository.ub.ac.id

# 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

**K**esehatan 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 dibataskan 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

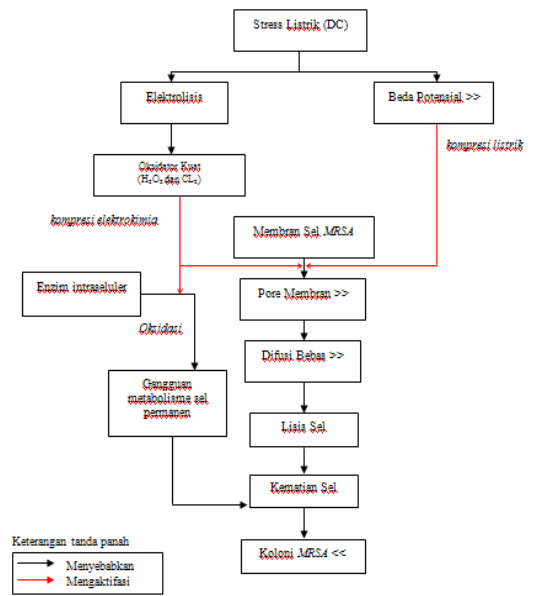
Ada beberapa teori dari pakar medis yang menjelaskan terjadinya kematian sel bakteri karena pengaruh dari medan listrik. Dari beberapa teori, salah satu teori menyebutkan bahwa membran sel adalah *viscoelastic fluid*, sehingga membran dapat mengalami ruptur bila mendapatkan *stress* listrik (Park et 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

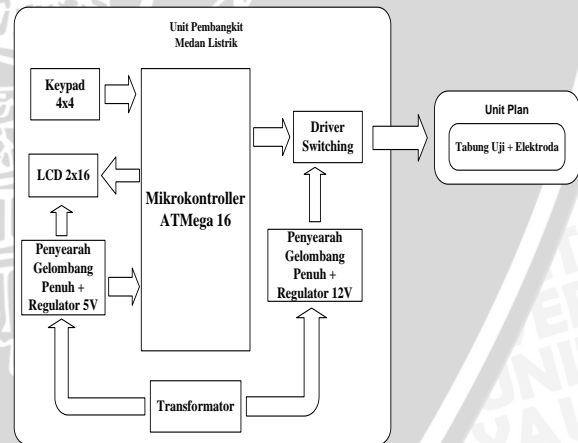
yang sama terhadap sel manusia (Marquis dan Carstensen, 1972). Dalam **Gambar 1** menunjukkan konsep medan listrik pada proses antibakteri.



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**.

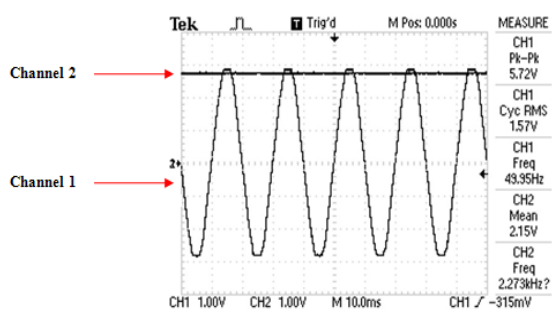


Gambar 2. Blok Diagram Sistem  
Sumber: Perancangan



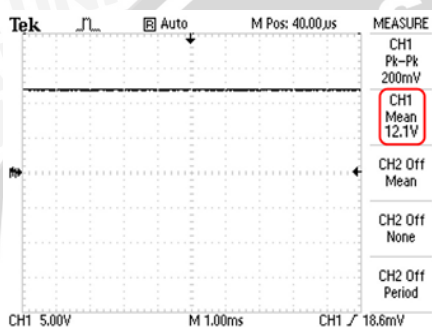


gelombang penuh. Hasil pengujian ditunjukkan dalam **Gambar 8**.



**Gambar 8. Tegangan Masukan dan Keluaran pada Penyearah Gelombang Penuh**

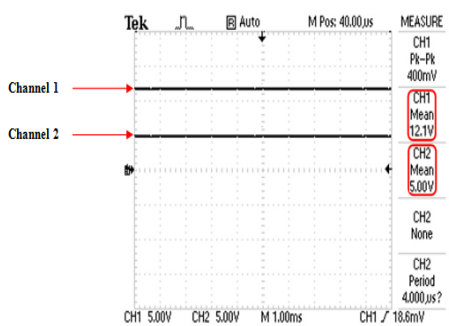
Hasil pengujian tegangan keluaran pada *fixed output regulator* 7812 ditunjukkan dalam **Gambar 10**.



**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.

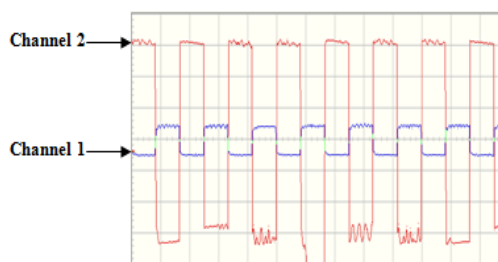
**Tabel 1 Hasil Pengujian keypad 4x4**

| 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                  |

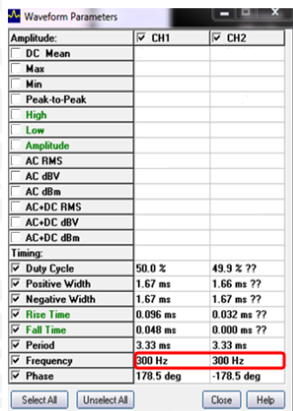
Dari hasil pengujian keypad dapat dianalisis bahwa keypad dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

## D. Pengujian Rangkaian Switching

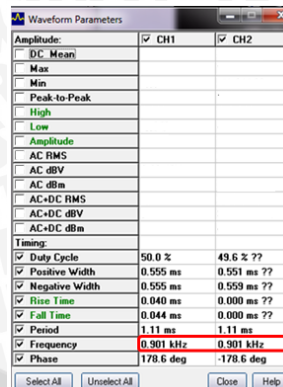
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara frekuensi keluaran mikrokontroler dengan frekuensi rangkaian driver switching. Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop PCSU1000. Channel 1 dihubungkan dengan keluaran pin D.5 mikrokontroler. Kemudian channel 2 dihubungkan dengan keluaran 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**

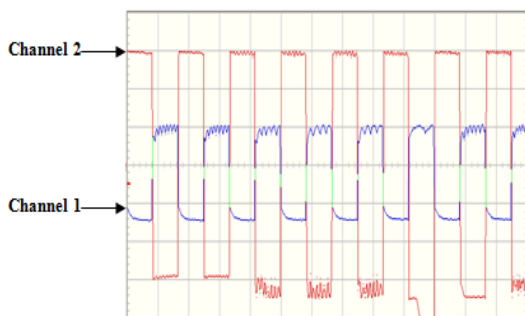


Gambar 14. Parameter Pengujian Frekuensi 300Hz



Gambar 18. Parameter Pengujian Frekuensi 900Hz

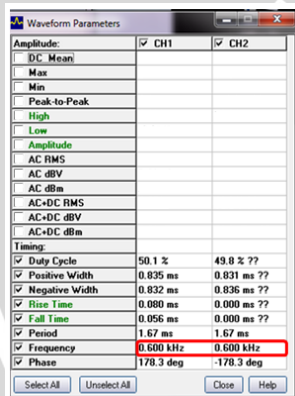
Hasil pengujian driver rangkaian switching dengan range frekuensi 100 – 1000 Hz ditunjukkan dalam Tabel 1.



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

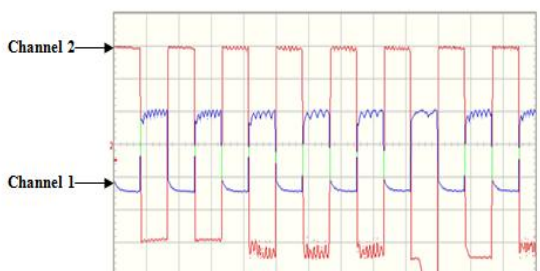
Dari hasil pengujian sinyal frekuensi dan parameter frekuensi dapat dianalisis bahwa sinyal keluaran rangkaian berbentuk pulsa dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi pin mikrokontroler. Error rata-rata yang dihasilkan rangkaian driver switching sebesar 0,4%. Sehingga hasil pengujian sudah sesuai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

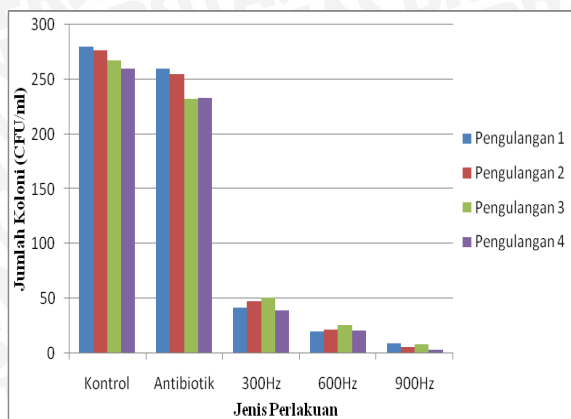
| Pengulangan | Kontrol | Antibiotik | 300Hz | 600Hz | 900Hz |
|-------------|---------|------------|-------|-------|-------|
| I           | 280     | 260        | 42    | 20    | 9     |
| II          | 277     | 255        | 48    | 22    | 6     |
| III         | 267     | 232        | 51    | 26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



Gambar 17. Pengujian Sinyal Frekuensi 900Hz

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





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 5<sup>th</sup> 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