

Optimasi Model Elektrode Pada Sistem Pengukuran Potensial Titik Akupunktur Secara *Non- Invasive* Untuk Diagnosis Fungsional Organ

Yulanda Dwi Fajarwati, Welina Ratnayanti, Tri Anggono P.

Laboratorium Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya 60115

Email: yulanda.d.fajarwati@gmail.com

Abstract

This study aim to make an electrode as a substitute for standard ECG electrodes. The electrodes were made from pieces of aluminum and innovation did in 2 ways, the diameter and the addition of a magnetic field. Data retrieval is done by recording the acupuncture points PC 6 (Neiguan) associated with the heart. Recording done using software and data generated IWORX/214 data such as voltage function of time. Potential profile patterned recording ECG results because it is the acupuncture point of pericardial heart. ECG pattern was observed amplitude of frequency appears. The success rate of the electrode measured ability raises the maximum amplitude in the frequency appears. The results of the analysis stated there are several dominant frequencies that arise from the potential profile recording acupuncture points, the frequency of 0-2 Hz and 50 Hz. The best electrode for detecting the frequency of 0-2 Hz is the electrode with a diameter of 2.8 cm with a value of amplitude $A = (1 \pm 0.16)$. While the electrode is best to minimize the noise frequency is 50 Hz electrode with a diameter of 2.8 cm and with the addition of 1 to the value of the magnetic plate amplitude $A = (0.03 \pm 0.01)$. Based on the results obtained, the electrodes have been made in this study can replace the standard electrode because it can detect the electrical potential profile in acupuncture point PC 6 quite well when compared to the standard ECG electrodes manufactured

Keyword : Electrode, Voltage, Frequency, Amplitude, ECG

PENDAHULUAN

Elektrokardiogram atau EKG merupakan alat yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik sel otot jantung. Elektrokardiogram menggunakan elektroda sebagai transduser. Elektrode yang digunakan pada ECG untuk merekam aktivitas jantung pada umumnya bersifat disposable. Elektrode disposable memiliki keunggulan yaitu ketika digunakan gerakan pasien tidak begitu mempengaruhi pola sinyal listrik jantung karena elektrode disposable dapat menempel dengan kuat pada permukaan kulit oleh adanya perekat. Elektrode disposable memiliki kekurangan yaitu hanya dapat digunakan untuk sekali pakai sehingga pasien yang membutuhkan perekaman aktivitas jantung harus mengeluarkan biaya ekstra untuk membeli dan mengganti elektrode setiap kali perekaman. Pada penelitian ini, peneliti akan membuat suatu inovasi berupa elektroda baru yang kedepannya diharapkan dapat digunakan sebagai elektroda alternatif elektrode standart yang bersifat disposable. Penelitian ini menggunakan konsep keping aluminium yang divariasi diameter dan ditambahkan keping magnet. Elektroda dengan beberapa variasi kemudian digunakan untuk perekaman aktivitas listrik jantung. Hasil perekaman aktivitas listrik jantung menggunakan elektrode yang telah dibuat pada penelitian ini kemudian dibandingkan dengan hasil perekaman aktivitas listrik jantung menggunakan elektrode standart. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui apakah elektrode yang telah dibuat pada penelitian ini berhasil menggantikan elektrode standart.

Pada penelitian sebelumnya (Erawati, 2003) telah diamati perbedaan profil potensial listrik titik akupunktur hati untuk organ hati. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan profil potensial listrik titik akupunktur hati untuk penderita hepatitis kronik dan sirosis hati melalui grafik fungsi frekuensi. Telah diteliti juga sebelumnya oleh dosen biofisika Universitas Airlangga Surabaya tentang pengukuran tegangan dan frekuensi dengan menggunakan elektrostimulator. Dari pengukuran tersebut elektrostimulator dapat digunakan untuk mengetahui respon sel syaraf dan otot terhadap rangsangan (stimulasi) listrik yang diberikan, terutama untuk mendapatkan gambaran mengenai mekanisme terjadinya potensial aksi pada sel-sel tertentu. Selain itu elektrostimulator sering digunakan dalam bidang fisioterapi untuk perbaikan dan pemulihan keseimbangan biopotensial. Penelitian tersebut pada saat ini digunakan untuk mata kuliah fisika eksperimental mahasiswa S1 Fisika Unair Surabaya.

Pada penelitian ini akan dilakukan perekaman profil potensial listrik pada titik akupunktur PC 6 (Neiguan), titik yang berkaitan dengan organ jantung. Pemilihan titik

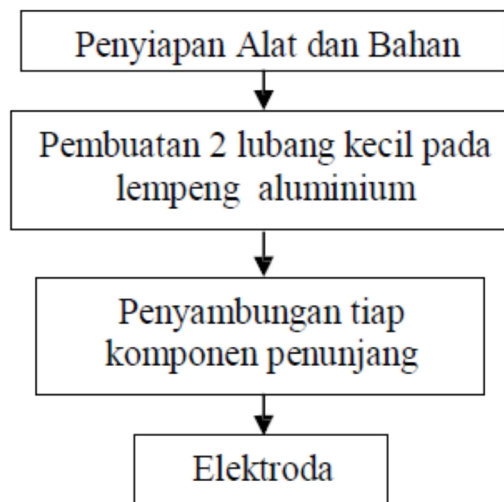
akupunktur didasari oleh sifatnya yang memiliki hambatan rendah dan posisinya yang sangat mudah dijangkau. Pemilihan titik akupunktur berdasarkan sifatnya diharapkan memberikan kemudahan elektroda untuk merekam profil potensial listrik jantung secara optimal. Dari pernyataan tersebut, ditawarkan penelitian tentang bentuk elektroda yang tidak merusak jaringan kulit tubuh (*non-invasive*), yaitu dengan menggunakan elektroda tempel saja yang ditempelkan di titik akupunktur. Pada penelitian ini akan ditambahkan variasi diameter elektrode dan variasi penambahan magnet, dengan asumsi medan magnet dapat memperkuat potensial listrik. Profil potensial listrik yang dihasilkan selanjutnya dianalisis untuk indikator kelainan fungsi organ (jantung).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat observasional komparatif. Pengambilan vounteer dilakukan secara random. Adapun variabel penelitian :

1. Variabel bebas: diameter elektrode, penambahan magnet pada elektrode.
2. Variabel terikat: amplitudo frekuensi detak jantung di titik akupuntur PC 6 (Neiguan).
3. Variabel terkendali: lama waktu pengambilan data (± 45 detik), pencuplikan data (± 6 detik).

Adapun alur pembuatan elektrode:

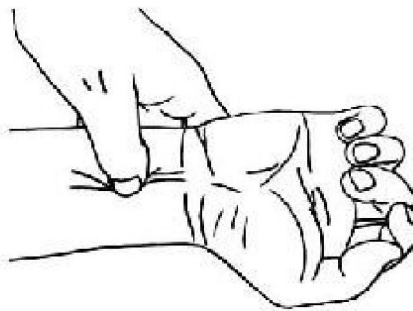


Gambar 1. Alur Pembuatan Elektrode



Gambar 2. Elektrode EKG dan Elektrode Penelitian

Masing – masing volunteer direkam profil potensial listriknya dengan melakukan pemasangan elektrode untuk perekaman biopotensial pada titik akupunktur Neiguan (PC 6) yang berhubungan dengan organ jantung.



Gambar 3. Titik Akupunktur Neiguan

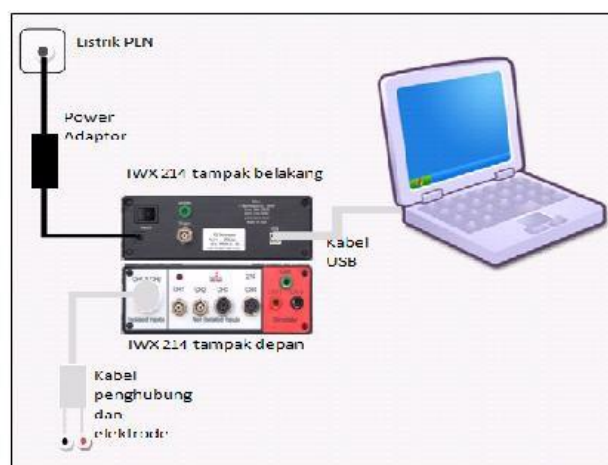
Alat perekam biopotensial yang digunakan bekerja dengan prinsip perekaman biopotensial dengan ECG. Perekaman biopotensial menggunakan prinsip ECG (*Electrocardiograph*). ECG atau EKG merupakan pemeriksaan sel otot jantung (Widjaja, 2012). Sinyal ECG mempunyai bentuk pola gelombang P, kompleks QRS, dan gelombang T. Sinyal ECG mempunyai rentang frekuensi yang lebar antara 60-80 Hz untuk tiap menit.

Sinyal dideteksi pada dua sisi dari elektrode positif dan negatif yang dipasang, rangkaian elektrik mendapatkan beda tegangan antara kedua sisi kemudian dikuatkan beda tegangannya. Sebagai hasilnya, sinyal manapun yang common pada kedua sisi akan dihilangkan, dan sinyal yang berbeda pada kedua sisi akan memiliki differensial yang kemudian dikuatkan. Sinyal yang munculnya jauh dari organ yang dideteksi akan tampak sebagai sinyal biasa, dimana sinyal yang berada disekitar area akan berbeda pada konfigurasi ini (Carlo dan Deluca, 2000).

Sinyal yang diperoleh rentan terhadap gangguan (noise). Hal tersebut

dikarenakan, elektrode yang digunakan merupakan elektrode non-invasif sehingga sangat mudah terjadi gangguan yang berasal dari adanya gangguan inheren komponen elektronik, ketidakstabilan sinyal yang bersifat inheren karena elektrode bersifat sensitive terhadap gerakan volunteer, ketidakstabilan penempatan selama masa perekaman. Pada perangkat Iworx, sinyal yang dikeluarkan merupakan hasil dari penguatan sinyal yang dilakukan 1000x dari sinyal bioelektrik masukan.

Setting alat yang digunakan adalah :



Gambar 4. Setting Alat

Tahap-tahap perekaman biopotensial organ menggunakan perangkat ini adalah :

1. Arus bioelektrik organ dikeluarkan melalui titik akupunktur kemudian diterima elektrode *non-invasive* ditempatkan kemudian mengalir ke bioamplifier.
2. Sinyal yang dihasilkan tubuh sangat kecil berorde mikrovolt, sehingga dilakukan penguatan pada bioamplifier sebesar 1000 kali agar sinyal dapat terlihat pada layar komputer pada program Labscribe.

Tampilan sinyal dari perekaman biopotensial dapat ditunjukkan pada gambar 5



Gambar 5. Tampilan Sinyal Perekaman Biopotensial Pada Titik Akupunktur.

Sinyal hasil perekaman merupakan gelombang yang dipancarkan dari aktivitas organ yang dapat dipresentasikan oleh fungsi gelombang :

$$\Psi(t) = \Psi_1(t) + \Psi_2(t) + \dots + \sum_{i=1}^n \Psi_i(t).$$

$$\Psi(t) = A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 + \dots + \sum_{i=1}^n A_i \sin \omega_i t$$

dengan :

$\Psi(t)$: fungsi gelombang sebagai fungsi waktu

A_i : Amplitudo

ω : frekuensi penyusun gelombang

t : waktu penjalaraan

Deret Fourier memperlihatkan bahwa semua fungsi periodik dapat diekspresikan sebagai suatu kombinasi dari suku - suku pembentuknya. Fourier menunjukan bahwa sebuah fungsi dengan periode T dapat diperlihatkan dengan deret trigonometri dengan bentuk :

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t$$

dengan $\omega = 2\pi/T$ adalah frekuensi perulanga fungsi (rad/s).

Untuk fungsi genap, koefisien Fourier dalam deret Fourier dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) dt \\
 a_n &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \cos n\omega t dt \\
 b_n &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \sin n\omega t dt
 \end{aligned}$$

Deret Fourier memiliki beberapa sifat yang penting, yaitu frekuensi dari bentuk sinus dan cosinus pertama adalah suatu fungsi frekuensi, dan kenaikan frekuensi antara pembentuk-pembentuknya kenaikan n yang sebanding dengan fungsi frekuensi. Periode pembentuk sinus dan cosinus pertama adalah sebuah fungsi, dan setiap pembentuk dalam deret tersebut memperlihatkan sebuah bilangan bulat dari gelombang sinus dan cosinus yang sesuai dengan periode fungsi tersebut.

Suatu fungsi $f(t)$ dengan variasi waktu dapat ditulis sebagai sebuah persamaan dengan parameter waktu. Fungsi tersebut juga digambarkan dalam bentuk grafik terhadap waktu. Deret Fourier menawarkan sebuah representasi alternative untuk fungsi dalam domain frekuensi. Meskipun penggambaran fungsi terhadap waktu sebuah histogram yang dapat diperbaiki dengan sumbu x sebagai frekuensi dan sumbu y sebagai amplitude tiap frekuensi. Bentuk tersebut merupakan representasi domain frekuensi. Dengan menggunakan identitas Euler,

$$\begin{aligned}
 \cos x &= \frac{1}{2} (e^{ix} + e^{-ix}) \\
 \sin x &= \frac{1}{2i} (e^{ix} - e^{-ix})
 \end{aligned}$$

deret Fourier dapat ditulis dalam bentuk kompleks sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} (c_n e^{in\omega t}) \\
 c_n &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) e^{-in\omega t} dt
 \end{aligned}$$

Dalam kelistrikan, deret Fourier dapat memperlihatkan suatu tegangan periodik.

Jika kita mengingat sebuah integral merupakan sebuah batas dari penjumlahan, deret Fourier berubah menjadi integral Fourier. Fourier yang telah ditransformasi dapat digunakan untuk memperlihatkan fungsi non periodic menjadi fungsi periodik dengan periode menuju tak hingga, contohnya satu pulsa tegangan tidak berulang.

Deret Fourier hanya berlaku untuk sinyal periodik. Sedangkan transformasi Fourier digunakan untuk sinyal aperiodik yang dianggap sebagai

sinyal periodik orde tak hingga. Jika sinyal aperiodik dianggap sebagai sinyal periodik orde tak hingga maka periodenya diperbesar menuju tak hingga, sehingga spectrum sinyal menjadi spektrum kontinyu. Dengan demikian penjumlahan pada deret Fourier berubah menjadi integral dengan variabel kontinyu ω , bentuknya menjadi :

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

Gambar 5 menunjukkan contoh sinyal sebagai fungsi waktu yang sulit dideskripsikan bentuk deret Fourier atau fungsi waktunya (sebelah kiri). Sumbu ordinat menyatakan tegangan sebagai fungsi waktu $f(t)$ dan sumbu absis sebagai waktu t . Amplitudo pada tegangan fungsi waktu bergantung pada koefisien Fourier (a_0 , a_n , dan b_n), sedangkan yang mempengaruhi rapat dan renggangnya sinyal adalah frekuensi-frekuensi (ω) penyusun sinyal tersebut. Setelah dilakukan transformasi Fourier, diperoleh kurva berubah pada sumbu absis merupakan frekuensi (ω), sedangkan sumbu ordinat merupakan Amplitudo yang ternormalisasi sebagai fungsi frekuensi $F(\omega)$.

Fast Fourier Transform merupakan suatu bentuk analisis data dengan memanfaatkan operasi matematika yang digunakan dalam pemrosesan sinyal untuk mengubah data dari domain waktu kontinyu menjadi domain frekuensi dengan cepat.

Konvolusi pada transformasi Fourier menunjukkan bahwa

$$F(\omega) = F(-\omega) * F(\omega) = \frac{1}{\pi} [f(t)]^2$$

Teorema Parseval menunjukkan bahwa,

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$$

Rata-rata dari $[f(t)]^2$ adalah

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$$

Teorema Parseval secara fisis menunjukkan hubungan antara rata-rata dari kuadrat $f(t)$ dan koefisien Fourier (a_0 , a_n , dan b_n) seperti pada persamaan berikut:

$$[f(t)]^2 = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$$

$$[f(t)]^2 = \left(\frac{1}{2} a_0 \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\sum_1^{\infty} a_n^2 + \sum_1^{\infty} b_n^2 \right)$$

$$[f(t)]^2 = \sum_{-\infty}^{\infty} |c_n|^2$$

Dalam analisis sinyal ini, perangkat lunak yang digunakan adalah program Labscribe. Pada tampilan terdapat nilai T2-T1 merupakan fasilitas untuk memudahkan membaca rentang skala yang memiliki satuan format hh:mm:ss. *Display time* menunjukkan kurun waktu perekaman. Setelah hasil perekaman ditampilkan, selanjutnya mengklik icon analisis FFT pada program Labscribe, yaitu fungsi analisis yang mengubah sinyal profil potensial listrik domain waktu ke domain frekuensi. Hasil yang muncul adalah pulsa-pulsa yang menunjukkan frekuensi (sumbu-x) dari fungsi gelombang pada sinyal listrik hasil perekaman yaitu 0-2 Hz dan 50 Hz dengan masing-masing amplitudo mulai dari 0 sampai 1 (sumbu-y). Data diolah dengan mencuplik pada rentang waktu yang sama, yaitu 6 sekon kemudian klik menu FFT lalu menempatkan 2 kursor sampai mendapatkan beberapa nilai frekuensi dan amplitudonya.

Pada penelitian dilakukan variasi elektrode agar dapat diketahui elektrode yang paling optimal untuk perekaman profil potensial listrik. Variasi yang digunakan yaitu

Tabel 1. Variasi Elektrode

No.	Variasi yang Dilakukan	Simbol
1	Elektrode 1 tanpa magnet	E1TM
2	Elektrode 1 + magnet 1	E1M1
3	Elektrode 1 + magnet 2	E1M2
4	Elektrode 2 tanpa magnet	E2TM
5	Elektrode 2 + magnet 1	E2M1
6	Elektrode 2 + magnet 2	E2M2
7	Elektrode 3 tanpa magnet	E3TM
8	Elektrode 3 + magnet 1	E3M1
9	Elektrode 3 + magnet 2	E3M2

Dimana elektroda 1 mewakili elektrode dengan diameter 2,3 cm. Elektrode 2 mewakili elektrode dengan diameter 2,5 cm. Elektrode 3 mewakili elektrode dengan diameter 2,8 cm. Magnet 1 mewakili magnet dengan kuat medan $\pm 1,69\text{mG}$. Magnet 2 mewakili magnet dengan kuat medan $\pm 3,4\text{ mG}$.

Dari penelitian yang telah dilakukan dihasilkan amplitude berbeda untuk tiap frekuensi yang muncul untuk setiap variasi elektrode. Hasil penelitian dibuat dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 2. Rerata Amplitude pada rentang frekuensi 0-2 Hz

Elektrode	Amplitudo
Standart	$0,54 \pm 0,1$

E1 TM	$0,946 \pm 0,15$
E1 M1	$0,996 \pm 0,16$
E1 M2	$0,984 \pm 0,16$
E2 TM	$1 \pm 0,16$
E2 M1	$1 \pm 0,16$
E2 M2	$1 \pm 0,16$
E3 TM	$1 \pm 0,16$
E3 M1	$1 \pm 0,16$
E3 M2	$1 \pm 0,16$

Tabel 3. Rerata Amplitudo pada rentang frekuensi 50 Hz

elektrode	Amplitudo
Standart	$0,42 \pm 0,09$
1 TM	$0,23 \pm 0,05$
1 M1	$0,3 \pm 0,06$
1 M2	$0,21 \pm 0,05$
2 TM	$0,16 \pm 0,04$
2 M1	$0,14 \pm 0,03$
2 M2	$0,06 \pm 0,01$
3 TM	$0,03 \pm 0,01$
3 M1	$0,03 \pm 0,01$
3 M2	$0,11 \pm 0,02$

Dari hasil yang diperoleh pengaruh variasi diameter terlihat pada tabel yaitu pada frekuensi 0-2 Hz amplitude maksimal ditunjukkan oleh elektrode diameter 2 serta diameter 3 dengan nilai $1 \pm 0,16$. Dari hasil yang diperoleh bisa disimpulkan bahwa variasi diameter tidak mengubah pola grafik fungsi frekuensi, namun mempengaruhi amplitudo/puncak frekuensi. Nilai maksimal ditunjukkan pada elektrode dengan diameter yang lebih besar karena semakin besar diameter maka distribusi muatan cairan elektrolit akan membentuk potensial yang lebih besar sehingga dapat merepresentasikan pola potensial listrik yang lebih baik. Pada frekuensi noise 50 Hz amplitude minimal ditunjukkan oleh elektrode dengan diameter 3 dengan nilai $0,03 \pm 0,01$. Hal ini menunjukkan bahwa elektrode dengan diameter yang lebih besar dapat memperkecil noise karena potensial elektrode permukaan yang diberikan akan semakin besar untuk merepresentasikan aktivitas listrik jantung yang lebih baik sehingga dapat meminimalisir munculnya potensial noise.

Variasi penambahan magnet tidak terlalu menimbulkan pengaruh pada hasil perekaman profil potensial. Dari hasil tersebut bisa disimpulkan penambahan medan magnet tidak menimbulkan pengaruh terhadap nilai amplitude dari pola-pola grafik fungsi frekuensi. Hal ini dikarenakan medan magnet yang diberikan pada penelitian ini tidak cukup kuat untuk memperbesar potensial elektrode permukaan. Namun medan

magnet pada dasarnya dapat mempercepat terjadinya polarisasi muatan pada cairan elektrolit sehingga terbentuk potensial listrik yang semakin besar. Potensial listrik yang semakin besar akan merepresentasikan aktivitas listrik jantung dengan lebih baik pada ECG. Sedangkan untuk frekuensi noise 50 Hz amplitudo minimal ditunjukkan oleh elektroda dengan penambahan 1 magnet dengan nilai $0,03 \pm 0,005$. Ada sedikit kecenderungan semakin besar penambahan medan magnet maka semakin kecil amplitude dari frekuensi noise. Sehingga penambahan medan magnet juga memiliki tujuan untuk memperkecil noise yang muncul. Ketidakpengaruh yang signifikan pada elektrode dengan penambahan medan magnet terhadap amplitude pada frekuensi yang muncul dapat disebabkan kuat medan magnet yang terlalu lemah, yaitu sekitar $\pm 1,69$ miligauss.

Jika dibandingkan nilai amplitude pada masing-masing variasi elektrode dengan nilai amplitudo yang dihasilkan elektrode standart, maka dapat disimpulkan elektrode baru yang telah dibuat memiliki amplitude yang tidak berbeda jauh dengan amplitude yang dihasilkan elektrode standart ECG yang bersifat disposable sehingga elektrode yang telah dibuat pada penelitian ini dapat digunakan sebagai pengganti elektrode standart.

Tabel 4. Perbandingan Amplitudo elektrode Hasil Penelitian Terhadap Elektrode Standart

Frek. Yang Muncul (Hz)	Amplitudoyang dihasilkan elektrode standart	Amplitudo yang dihasilkan elektrode Penelitian
0 - 2	$0,54 \pm 0,1$	$1 \pm 0,16$
50	$0,42 \pm 0,09$	$0,03 \pm 0,01$

Namun pola hasil perekaman menggunakan elektrode yang telah dibuat masih terganggu oleh gerakan volunteer karena elektrode hanya ditempelkan dan diikatkan di pergelangan tangan menggunakan pita, berbeda dengan elektrode standart yang sudah dilengkapi perekat sehingga elektrode dapat menempel dengan kuat dan tidak terganggu dengan gerakan volunteer. Dari hasil yang diperoleh diharapkan untuk kedepannya elektrode yang telah dibuat dapat digunakan sebagai pengganti elektrode standart, dengan berbagai penyempurnaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa elektrode yang telah dibuat dapat digunakan untuk mengganti elektrode standart karena hasil perekaman potensial listrik menggunakan elektrode penelitian menunjukkan pola yang sama dan dapat memunculkan nilai frekuensi yang sama dengan hasil perekaman potensial listrik namun memiliki nilai amplitudo yang berbeda. Pengaruh diameter terhadap profil potensial

listrik titik akupunktur terlihat pada amplitudo dari frekuensi yang muncul. Untuk frekuensi 0-2 Hz amplitudo maksimal ditunjukkan oleh elektrode dengan diameter 2,5 cm dan 2,8 cm dengan nilai $A = 1 \pm 0,16$. Untuk frekuensi 50 Hz amplitudo minimal ditunjukkan oleh elektrode dengan diameter 2,8 cm dengan nilai amplitudo $A = 0,03 \pm 0,01$. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter maka amplitudo akan semakin tinggi dan menghasilkan noise minimal. Hal ini disebabkan distribusi muatan yang dihasilkan dengan diameter lebih besar menyebabkan potensial listrik yang lebih tinggi sehingga dapat merepresentasikan pola potensial listrik jantung yang lebih baik.

Pengaruh medan magnet terhadap profil potensial listrik titik akupunktur tidak terlihat pada amplitudo dari frekuensi yang muncul. Pada frekuensi 0-2 Hz amplitudo maksimal ditunjukkan oleh semua variasi dengan nilai $A = 1 \pm 0,16$. Untuk frekuensi 50 Hz amplitudo minimal ditunjukkan oleh elektrode dengan penambahan 1 lempeng magnet dengan nilai $A = 0,03 \pm 0,005$. Dapat disimpulkan penambahan lempeng magnet dapat mempercepat terjadinya polarisasi muatan pada cairan elektrolit sehingga menimbulkan potensial listrik yang lebih besar dan dapat mempresentasikan profil potensial yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminatun, Izak, 2002. Bahan Ajar Fisika Zat Padat, Fisika Universitas Airlangga, Surabaya
- Aston, R, 1990, *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Merrill Publishing Company, New York.
- Boas, Mary L., 1983, *Mathematical Methods in the Physical Sciences Second Edition*, John Wiley & Son, Inc, Canada
- Erawati, P., Astuti, S. D., dan Prijo, T. A. dkk, 2003, Analisis Profil Potensial Untuk Kelainan Fungsional Organ, Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya.
- Gabriel, J. F, 1996, *Fisika Kedokteran*, EGC, Fisika Universitas Udayana, Bali
- Griffiths, D. J., 1999, *Introduction to Electrodynamics*, 3rd Edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- Hall, Guyton A., 1997, *Bahan Ajar Fisiologi Kedokteran (Textbook of Medical Physiology)*, Diterjemahkan oleh Irawati Setiawan, Edisi 1, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Haqqe, P. A. Aditta, 2012, Analisis Profil Potensial Listrik Pada Titik Akupunktur untuk Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus, Fisika Universitas Airlangga, Surabaya

- Hobbie, R. K. and Roth, B. J., 2007, *Intermediate Physics For Medicine and Biology*, 4th Edition, Springer Science+Business Media, New York.
- Labscribe Data Acquisition Software Manual.iWorx/ CB Sciences, Inc, Washington.
<http://www.iworx.com>.
- Martini, H., Frederic and Nath, L., Judi, 2012, *Fundamentals of Anatomy and Physiology*, Ninth Edition. Sansome St, San Francisco
- Saputra, Kosnadi and Idayanti, Agustin, 2005, *Akupunktur Dasar*, Airlangga University Press, Surabaya.
- Sinatra, L., francy, 2010, *Understanding the Interaction Between Blood Flow and an Applied Magnetic Field*, University of South Florida, Florida.
- Suhariningsih, 1999, desertasi, *Profil Tegangan Listrik Titik Akupunktur Sebagai Indikator Kelainan Fungsi Organ*, Program Pasca Sarjana Unair, Surabaya.
- Tipler, Paul, 2001, *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Edisi 3, Erlangga, Jakarta.
- Petujuk Praktikum Fisika Eksperimental (Biofisika)
- Venturin, Dott., Andrea, 2002, *Magnetotherapy Theory and Practical Applications*, University of Padua, Italy.