

Analisis Profil Potensial Listrik Pada Titik Akupuntur Untuk Diagnosis Diabetes Mellitus

Aditta Putri Aulia Haqqe, Welina Ratnayanti, Tri Anggono P
Laboratorium Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas
Airlangga, Surabaya 60115

Abstract

The aim of this research is to analyze electrical potential profile on the acupoint between healthy people and the patient of diabetes mellitus type II. Administering data have done by recording electrical potential profile on the acupoints: Feishu, Xinshu, Ganshu, Pishu, and Shenshu to the 10 healthy people and the 10 people with diabetes mellitus based on the second data observation at the Local Government Clinic Mulyorejo, Surabaya. Potential profile of the organs has the electrical signals form. It was achieved by the result of electrical potential which is based time recording. Recording time was done during 100 second. The results couldn't be differentiated significantly, so it needs the other signals processing with FFT analyze method with cutting as the data frames. It was done every 3,29 second. Based on the result of analyzing the amplitude each frequency group, the significant differences are on the acupoint Feishu: 348-352 Hz, on the acupoint Xinshu 1-5 Hz, on the acupoint Ganshu 248-252 Hz. According to the preference, it was found that the electrical potential profile on the acupoints of the healthy people has lower amplitude than the people with diabetic mellitus. So, analyze of electrical potential profile on the acupoints can be used for diabetes mellitus diagnose.

Keywords : electrical biopotential, acupoint, diabetes mellitus, FFT.

PENDAHULUAN

Diabetes mellitus baru disadari oleh penderitanya ketika kadar gula darah meningkat hingga ≥ 200 mg/dl. Setiap tahun jumlah penderita diabetes mellitus semakin meningkat. Menurut laporan WHO, jumlah penderita diabetes mellitus di dunia pada tahun 1987 kurang lebih 30 juta. Pada bulan November 1993, jumlah penderita diabetes mellitus di dunia meningkat hingga menjadi 100 juta lebih dengan prevalensi 6%. Pada tahun 1994, jumlah penderitanya di dunia mencapai 110,4 juta, pada tahun 2000 meningkat kurang lebih 1,5 kali lipat menjadi sekitar 175,4 juta, pada tahun 2010 meningkat kurang lebih 2 kali lipat menjadi sekitar 239,3 juta, dan hingga tahun 2020 diperkirakan menjadi 300 juta (Tjokroprawiro dkk, 2007).

Pengertian diabetes mellitus adalah suatu kelainan metabolisme yang ditandai dengan kadar gula darah yang tinggi akibat pankreas yang tidak dapat menghasilkan insulin. Metode diagnosis yang umum digunakan untuk mendeteksi kadar gula dalam darah seperti tes kuantitatif laboratorium glukosa urin, tes kuantitatif kadar glukosa darah puasa, serta uji toleransi memerlukan waktu dan biaya yang dirasakan oleh sebagian masyarakat menjadi salah satu masalah sehingga sebagian masyarakat terlambat mendeteksi dini kenaikan kadar glukosa dalam darah. Sehingga pada akhirnya menyebabkan penderita diabetes mellitus semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Akupunktur merupakan cara pengobatan tradisional dengan memasukkan atau memanipulasi jarum ke dalam titik akupunktur tubuh. Titik akupunktur adalah titik yang mempunyai sifat aktif listrik dengan karakteristik "*High Voltage Low Resistance*". Permukaan tubuh tempat titik akupunktur memiliki resistansi yang rendah sehingga dapat mengalirkan beda potensial yang lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan tubuh yang bukan titik akupunktur. Rangsangan dari titik akupunktur lebih didasarkan pada kenyataan biofisika bahwa dasar aktif listrik antar sel ke arah organ sasaran. Titik akupunktur sebagai model reseptor fungsional dua arah dimana salah satu bioinformasi tubuh dapat dimanfaatkan untuk kepentingan terapi dan diagnosis dalam bidang kedokteran

(Saputra, 2002). Sedangkan meridian sebagai jalur spesifik menuju ke organ target dari suatu titik akupunktur yang terdapat pada permukaan kulit.

Dengan adanya hubungan antara titik akupunktur dengan organ yang dituju, maka akan dapat diketahui aktivitas kelistrikan organ tersebut dari analisis sinyal yang dihasilkan di titik akupunktur. Telah dilakukan penelitian sebelumnya mengenai analisis profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk diagnosis fungsional organ. Analisis profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk mengetahui kelainan fungsi organ telah dilakukan oleh Puspa Erawati (2004). Penelitian ini memanfaatkan aktifitas kelistrikan dari organ melalui titik akupunktur untuk diamati kemudian profil potensial listriknya dijadikan sebagai indikator kelainan fungsional organ. Sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan titik akupunktur sebagai titik yang menghubungkan sifat aktif listrik organ yang ingin diketahui aktivitas listrik dari organ-organ yang terkait dengan penyakit diabetes mellitus (melalui meridian kandung kemih) sehingga profil kelistrikannya dapat digunakan untuk diagnosis dini penderita diabetes mellitus. Dalam penelitian ini akan digunakan titik akupunktur yang spesifik ke organ meridian Shu belakang, yaitu titik Feishu (Paru), Xinshu (Jantung), Ganshu (Hati), Pishu (Limpa), dan Shenshu (Ginjal). Profil potensial listrik pada titik akupunktur yang diperoleh akan dianalisis sinyal hingga dapat diperoleh hasil yang dapat memperlihatkan perbedaan secara nyata profil potensial listrik pada kondisi sehat dan pada kondisi diabetes mellitus. Dengan dapat dibedakannya profil potensial listrik kedua kondisi ini diharapkan dapat menjadi suatu metode diagnosis baru menggunakan prinsip fisika dan dapat mengetahui implementasi serta pentingnya prinsip fisika dalam metode penelitian khususnya analisis sinyal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian primer, observasional, dan bersifat analitik dengan pendekatan yang dilakukan bersifat transversal atau *cross sectional* yaitu sekali pengambilan data pada saat tertentu dan tidak

simultan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas : kadar gula darah testi
2. Variabel terikat : profil potensial listrik testi (dalam frekuensi dan amplitudo)
3. Variabel terkontrol : titik akupunktur yang terkait dengan penyakit diabetes dan gejalanya serta waktu perekaman profil potensial listrik.

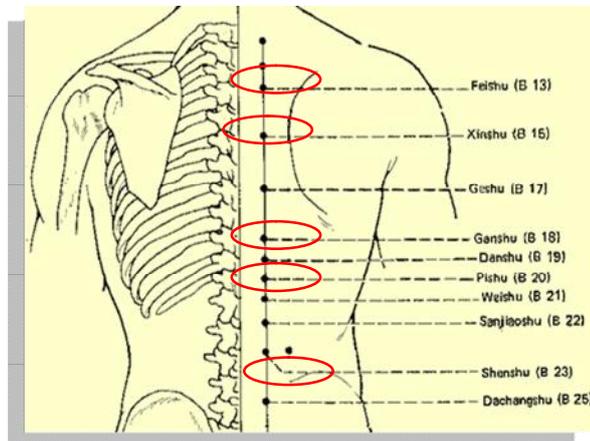
Subjek yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 orang testi sehat yang dibuktikan dengan tes kadar gula darah dan penelusuran riwayat kesehatan dengan metode wawancara, dan 10 orang testi penderita diabetes mellitus yang direkomendasikan oleh Puskesmas Mulyorejo dan Dinas Kesehatan Kota Surabaya serta dibuktikan dengan tes kadar gula darah. Alur penelitian yang dilakukan digambarkan dalam bagan diagram berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian

Tanpa memberikan perlakuan apapun kepada kedua kelompok testi, masing-masing anggota kelompok kedua testi diuji kadar gula darahnya kemudian dilakukan pemasangan elektrode untuk perekaman biopotensial pada titik-titik akupunktur yang berhubungan dengan organ yang terkait dengan penyakit diabetes mellitus. Titik-titik yang digunakan

adalah titik Feishu (terkait organ paru), Xinshu (terkait organ jantung), Ganshu (terkait organ Hati), Pishu (terkait organ Limpa), dan Shenshu (terkait organ Ginjal).



Gambar 2. Letak titik-titik akupunktur meridian Shu belakang.

Alat perekam biopotensial yang digunakan bekerja dengan prinsip perekaman biopotensial dengan EMG. Perekaman biopotensial menggunakan prinsip dari EMG (*Electromyography*). EMG (*Electromyography*) merupakan pemeriksaan syaraf tepi dan otot (Widjaja, 2012). Sinyal EMG mempunyai sifat random karena sangat bergantung kepada ukuran, bentuk, dan penempatan elektroda pada permukaan dari bagian yang akan diuji. Sinyal EMG mempunyai rentang amplitudo sebesar 0,10 mV, dengan dominan pada 200-400 mikrovolt. Sinyal EMG mempunyai rentang frekuensi yang lebar antara 20-500 Hz, sehingga untuk proses perekaman diperlukan rangkaian penguat yang besar. Frekuensi cut off high 500 Hz digunakan untuk menapis frekuensi tinggi. Sinyal bioelektrik sangat rentan terhadap derau (noise), yang muncul dari interferensi jala-jala listrik, gerakan tubuh dan frekuensi radio (Cromwell L., dkk, 1976).

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 derau (noise). Hal tersebut dikarenakan, elektrode yang digunakan merupakan elektrode non-invasif sehingga sangat mudah terjadi gangguan yang berasal dari adanya gangguan inheren komponen elektronik, gangguan dari sumber radiasi seperti transmisi, ketidakstabilan sinyal yang bersifat inheren karena sinyal EMG bersifat random, ketidakstabilan penempatan selama masa perekaman, atau masuknya sinyal dari komponen tubuh lain di dekat penempatan elektrode yang terkena rangsang listrik kecil sehingga mengganggu sinyal dari target yang ingin dideteksi (Wijayanto dan Hastuti, 2006). Pada perangkat Iworx, sinyal yang dikeluarkan merupakan hasil dari penguatan sinyal yang dilakukan 1000x dari sinyal bioelektrik masukan.

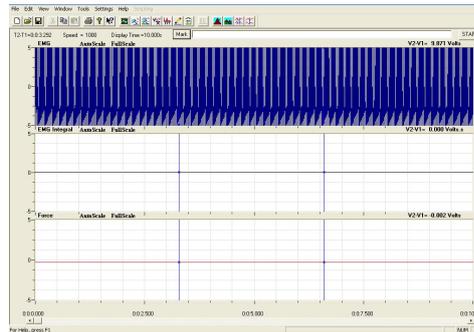
Setting alat yang digunakan adalah :



Gambar 3. Setting Alat

Tahap-tahap perekaman biopotensial organ menggunakan perangkat ini adalah :

1. Arus bioelektrik organ dikeluarkan melalui titik akupunktur kemudian diterima elektrode non-invasif 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 2.



Gambar 4. Tampilan sinyal perekaman biopotensial pada titik akupunktur.

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

$$\psi(t) = \psi_1(t) + \psi_2(t) + \dots + \sum_{i=1}^n \psi_i(t). \quad (2.0)$$

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

Dengan :

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

A_i : Amplitudo

ω : frekuensi penyusun gelombang

t : waktu penjalaran

Setiap fungsi gelombang penyusunnya dapat dijabarkan menggunakan deret Fourier jika fungsi gelombang tersebut periodik. Deret Fourier memperlihatkan bahwa semua fungsi periodik dapat diekspresikan sebagai suatu kombinasi dari suku-suku pembentuknya. Fourier menunjukkan bahwa sebuah fungsi dengan periode T dapat diperlihatkan dengan deret trigonometri dengan bentuk :

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t \quad (2.$$

1)

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

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

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) dt \\
 a_n &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \cos n\omega t dt \\
 b_n &= \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \sin n\omega t dt
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Titik awal dari integral dapat diubah. Pada titik awal manapun harus dan pasti menghasilkan nilai yang sama untuk integral dari fungsi yang periodenya lebih dari satu. 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. Kedua ekspresi fungsi, yaitu grafik waktu dan persamaan fungsi waktu disebut dengan representasi domain 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,

$$\cos x = \frac{1}{2}(e^{ix} + e^{-ix})$$

$$\sin x = \frac{1}{2i}(e^{ix} - e^{-ix})$$

deret Fourier dapat ditulis dalam bentuk kompleks sebagai berikut :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (c_n e^{in\omega t})$$

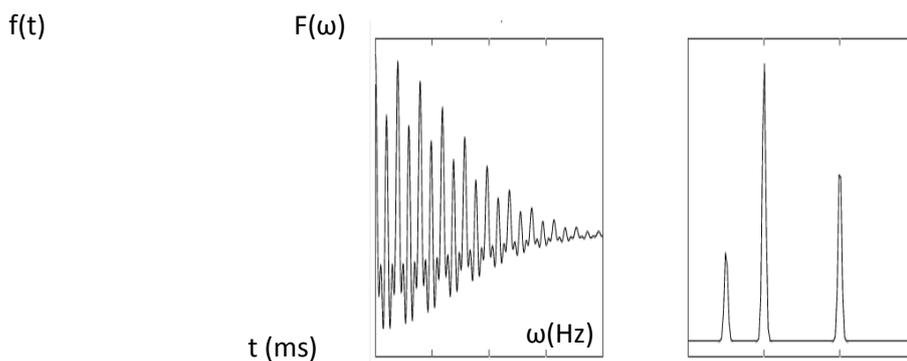
$$c_n = \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) e^{-in\omega t} dt$$

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 :

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

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

2.5)



Gambar 5. Kurva fungsi waktu yang akan ditransformasi (sebelah kiri) dan kurva yang menunjukkan hasil Fourier Transform (sebelah kanan).

Dicuplik dari www.certif.com

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,

$$F(\omega) = F(-\omega) * F(\omega) = \frac{1}{\pi} [f(t)]^2 \quad (2.6)$$

Teorema Parseval menunjukkan bahwa,

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt \quad (2.7)$$

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:

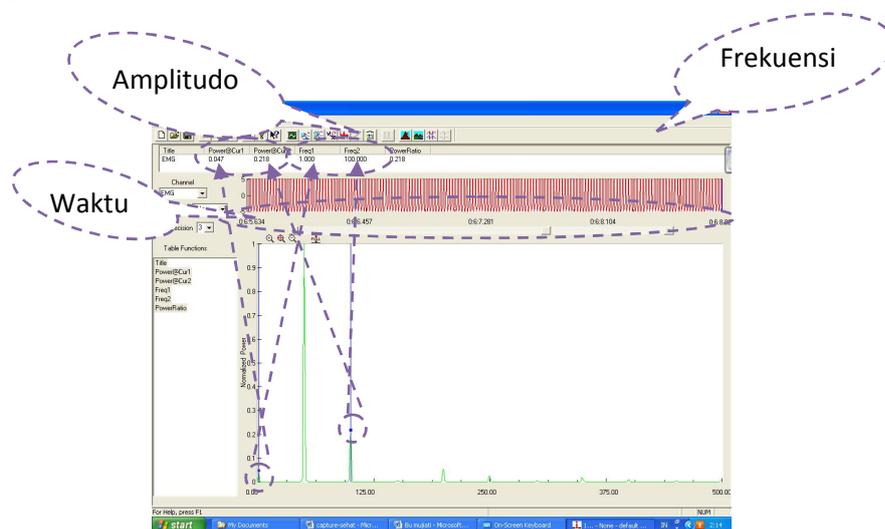
$$[f(t)]^2 = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$$

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

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

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 jam:menit:detik. *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 mulai dari 1 Hz sampai 499 Hz dengan masing-masing amplitudo mulai dari 0 sampai 1 (sumbu-y). Data diolah dengan mencuplik pada rentang waktu yang sama, yaitu 3,29 sekon kemudian klik menu FFT lalu menempatkan dua kursor sampai mendapatkan beberapa nilai frekuensi dan amplitudonya.



Gambar 6. Cuplikan Hasil Analisis Transformasi Fourier Profil Potensial Domain Waktu menjadi Domain Frekuensi

Kemudian dilakukan pencatatan frekuensi dan amplitudo profil potensial listrik masing-masing testi pada tiap-tiap titik dengan pencuplikan data hingga 20 bingkai. Perhitungan uji beda dilakukan dengan menggunakan uji T sampel bebas pada rata-rata amplitudo dari 20 bingkai data yang diambil untuk tiap kelompok frekuensi pada masing-masing kelompok testi. Uji T sampel bebas merupakan uji beda untuk data rasio yang terdistribusi normal atau mendekati normal. Penarikan kesimpulan dari Uji T sampel bebas dilakukan dengan menghitung nilai t tabel dan t hitung. Jika nilai t hitung $>$ t tabel dengan taraf signifikansi 0,05, maka H_0 diterima. Namun, jika nilai t

hitung < t tabel dengan taraf signifikansi 0,05, maka H₀ ditolak dan H₁ diterima.

Untuk t tabel :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Untuk t hitung :

$$t = \frac{|\bar{A} - \bar{B}|}{s_{(\bar{A}, \bar{B})}} = \frac{|\bar{A} - \bar{B}|}{\left(s_{\bar{A}}\right)^2 + \left(s_{\bar{B}}\right)^2}$$

$$s_{\bar{A}}^2 = \frac{\sum A^2 - \frac{\sum A^2}{n}}{n_1 - 1}$$

$$s_{\bar{B}}^2 = \frac{\sum B^2 - \frac{\sum B^2}{n}}{n_2 - 1}$$

Keterangan :

\bar{x} = rata-rata dari sampel yang diambil

μ = rata-rata dari populasi yang diambil

n = jumlah sampel yang diambil

s = standar deviasi data

\bar{A} = rata-rata sampel jenis A

\bar{B} = rata-rata sampel jenis B

$s_{(\bar{A}, \bar{B})}$ = standar error yang diperoleh dari standar error masing-masing jenis perlakuan

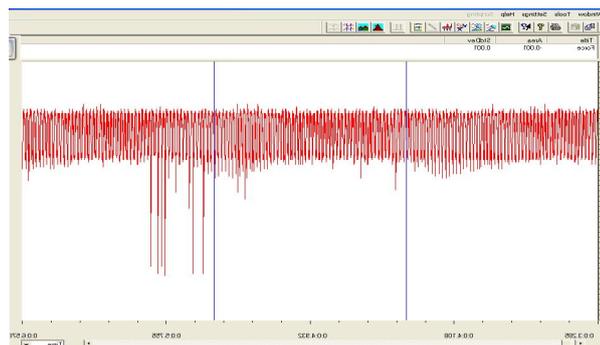
Uji beda antara data dari testi sehat dengan data dari testi sakit menggunakan uji T sampel bebas pada perangkat lunak SPSS 13.0. Cara penarikan kesimpulan dari hasil Uji T sampel bebas menggunakan SPSS adalah dengan memperhatikan nilai signifikansi 2-tail yang disebut sebagai p. Jika $p > 0,05$, maka H₀ diterima dan H₁. Namun, jika $p < 0,05$, maka H₀ ditolak dan H₁ diterima (Kusriningrum, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

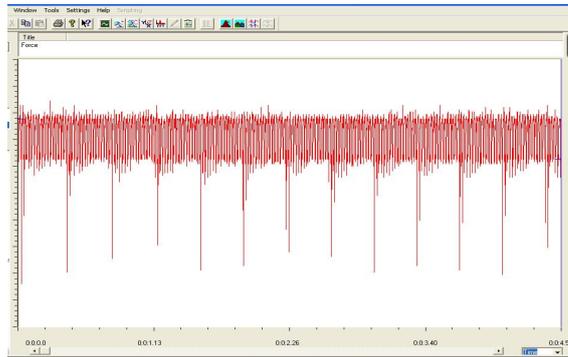
Dalam persiapan penelitian, testi diabetes mellitus diperiksa kadar gula darahnya menggunakan alat cek kadar gula darah digital untuk meyakinkan

bahwa pada testi diabetes mempunyai kadar gula darah yang tinggi atau pada testi sehat mempunyai kadar gula darah yang rendah dan diminta untuk menyampaikan keluhan-keluhan yang terjadi setelah pasien menderita diabetes mellitus. Pada testi sehat dilakukan juga wawancara untuk riwayat kesehatan testi. Kemudian dilakukan uji beda untuk membandingkan kadar gula darah pada testi sehat dan testi diabetes mellitus. Testi sehat sebanyak 10 orang diberi kode n1 hingga n10 dan testi diabetes sebanyak s1 hingga s10. Berdasarkan hasil SPSS uji beda kadar gula darah pada testi sehat dan testi diabetes, diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kadar gula darah testi sehat dengan testi diabetes mellitus, yaitu nilai $p= 0,0003$. Nilai rata-rata kadar gula darah pada testi sehat adalah $(100,0\pm 9,1)$ mg/dl dan pada testi sakit adalah $(297,0\pm 43,1)$ mg/dl.

Profil potensial listrik pada titik akupunktur dihasilkan dari perekaman potensial listrik pada titik-titik akupunktur Feishu (BL 13) terkait organ paru, Xinshu (BL 15) terkait organ jantung, Ganshu (BL 18) terkait organ hati, Pishu (BL 20) terkait organ limpa, dan Shenshu (BL 23) terkait dengan organ ginjal selama 100 detik. Hasil cuplikan perekaman profil potensial listrik domain waktu untuk orang sehat yaitu pada gambar 7 dan penderita diabetes mellitus dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. Profil Potensial Listrik Domain Waktu pada orang sehat.



Gambar 8. Profil Potensial Listrik Domain Waktu pada penderita diabetes mellitus.

Dengan absis menyatakan rentang waktu pencuplikan data (ms), dan ordinat merupakan tegangan sebagai fungsi waktu (V/ms).

Profil potensial listrik domain waktu pada titik akupunktur belum dapat dibedakan secara langsung sehingga diperlukan analisis sinyal untuk dapat membandingkan keduanya. Oleh karena itu, diperlukan analisis FFT (*Fast Fourier Transform*) pada perangkat lunak Labscribe untuk mengubah profil potensial listrik domain waktu menjadi profil potensial listrik domain frekuensi. Profil potensial listrik yang terekam dapat dicuplik menjadi bingkai-bingkai data dalam selang waktu pencuplikan yang sama. Dari setiap bingkai yang dicuplik, frekuensi dan masing-masing amplitudo diamati dengan kursor, dicatat ke dalam tabel sehingga menghasilkan data yang rapi dan dapat dianalisis secara statistik. Frekuensi-frekuensi yang muncul sebagai frekuensi dominan pada setiap pencuplikan adalah frekuensi-frekuensi dengan interval 1-5 Hz, 98-102 Hz, 148-152 Hz, 198-202 Hz, 248-252 Hz, 298-302 Hz, 348-352 Hz. Hasil pencatatan amplitudo yang telah disusun secara rapi dari 20 pencuplikan setiap kelompok frekuensi dihitung nilai rata-rata amplitudonya.

Hasil perhitungan rata-rata amplitudo tiap kelompok frekuensi pada profil potensial listrik titik akupunktur domain frekuensi kemudian diuji beda menggunakan uji T sampel bebas. Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji T sampel bebas untuk rata-rata amplitudo adalah :

1. Terdapat perbedaan signifikan pada kelompok frekuensi 1-5 Hz dengan $p=0,032$ pada titik Xinshu, 248-252 Hz dengan $p=0,035$ pada titik Ganshu, dan 348-352 Hz dengan $p=0,020$ pada titik Feishu.
2. Tidak terdapat perbedaan signifikan pada frekuensi lainnya dan pada titik akupunktur lainnya.

Pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak perekam biopotensial yang telah diatur secara otomatis sebagai perekam sinyal EMG. Sinyal EMG yang dihasilkan berorde hingga mikrovolt, sehingga diperlukan penguatan agar dapat diperlihatkan pada layar komputer. Sinyal EMG dari permukaan tubuh yang direkam berasal dari beda potensial yang terjadi antara dua elektrode yang dipasang pada titik akupunktur secara lateral sebagai pintu masuk dan keluarnya energi yang memiliki arah positif dan negatif. Antara titik akupunktur dan kelistrikannya pada organ dihubungkan oleh meridian sebagai jalur aliran energi. Sehingga organ diamati kelistrikannya melewati meridian menuju titik akupunktur. Elektrode positif dan negatif yang dipasang secara lateral, menerima beda potensial pada kedua titik akupunktur lateral kemudian mentransmisikannya ke dalam bioamplifier. Perekaman sinyal EMG menggunakan perangkat Iworx yang dapat melakukan penguatan 1000 kali dari sinyal masukannya sehingga dapat teramati pada layar komputer. Sinyal yang teramati pada layar komputer merupakan sinyal sebagai fungsi waktu yang belum dapat dibedakan secara nyata. Sehingga belum dapat dijadikan sebagai metode analisis profil potensial listrik untuk diagnosis diabetes mellitus.

Dengan menggunakan transformasi Fourier, sinyal dalam fungsi waktu yang sebelumnya tidak dapat dibedakan kini dapat terlihat perbedaannya yang nyata secara statistik. Kecenderungan yang timbul pada profil potensial listrik untuk kondisi sehat dengan kondisi diabetes adalah amplitudo yang dihasilkan cenderung lebih tinggi pada kondisi diabetes. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengolahan sinyal untuk persiapan data sangat diperlukan untuk mengetahui perbedaan profil potensial listrik yang sebelumnya merupakan fungsi waktu. Dengan dapat terbedakannya profil potensial listrik

pada titik akupunktur untuk kondisi orang sehat dengan kondisi orang sakit, maka metode analisis ini dapat dijadikan sebagai metode diagnosis untuk penyakit diabetes mellitus.

Faktor-faktor yang menyebabkan tidak ditemukannya perbedaan signifikan pada titik-titik akupunktur yang lain dan frekuensi yang lain karena profil kesehatan dari testi yang tidak homogen serta terdapatnya kemungkinan adanya arus listrik yang bukan berasal dari organ yang ditransmisikan oleh elektrode. Profil potensial listrik yang terekam merupakan profil potensial untuk keadaan pada waktu tertentu saat perekaman. Keadaan testi yang tidak homogen akibat faktor psikologis maupun fisik menyebabkan perubahan profil potensial listrik secara seketika. Penentuan letak elektrode pada titik akupunktur yang kurang tepat atau terjadinya pergeseran elektrode juga dapat menjadi salah satu penyebab hilangnya sinyal yang harusnya terekam. Pola profil potensial listrik fungsi frekuensi pada testi sehat terdapat kecenderungan frekuensi dominannya memiliki amplitudo yang lebih kecil dibandingkan dengan pada testi sakit. Frekuensi yang muncul merupakan representasi dari aktivitas kelistrikan organ. Perbedaan ini dapat disebabkan karena adanya kecenderungan perubahan aktivitas listrik pada orang sakit dan orang sehat, dimana organ pada orang sakit lebih banyak melakukan aktivitas untuk menyeimbangkan kondisi tubuh.

Dalam pembahasan secara akupunktur, apabila terdapat salah satu unsur dalam hukum lima unsur yang memberikan energi yang berlebihan, maka akan menyebabkan unsur lain menjadi tidak seimbang. Dengan menggunakan kajian akupunktur pada organ dalam hukum lima unsur, terdapat hubungan ibu dan anak yang merupakan pengibaratan saling menghidupi, serta saling membatasi atau saling menindas. Dalam hubungan saling menghidupi, unsur hati menghidupi jantung, jantung menghidupi limpa, limpa menghidupi paru, paru menghidupi ginjal, dan ginjal menghidupi hati. Sedangkan dalam hubungan saling membatasi, unsur hati membatasi limpa, unsur limpa membatasi ginjal, ginjal membatasi jantung, jantung membatasi paru, dan paru membatasi hati. Dari hasil penelitian, diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada titik Feishu (terkait organ paru) di frekuensi tinggi yaitu 348-252 Hz, titik Xinshu (terkait

organ jantung) di frekuensi rendah yaitu 1-5 Hz, titik Ganshu (terkait organ hati) di frekuensi 248-252 Hz. Penjelasan untuk hasil tersebut berdasarkan kajian akupunktur, hati merupakan representasi dari unsur kayu menunjukkan dominasi pada frekuensi 248-252 Hz. Frekuensi tersebut menunjukkan energi tinggi dari hati yang kemudian membatasi limpa sebagai unsur tanah sehingga menyebabkan limpa lemah (lebih lemah dibanding pada orang sehat) pada frekuensi tinggi yaitu 348-352 Hz. Limpa yang mengalami defisiensi tidak cukup kuat untuk menghidupi paru, sedangkan jantung tidak cukup dihidupi oleh hati sehingga menyebabkan dominasi frekuensi kecil, yaitu 1-5 Hz. Sehingga akibatnya jantung tidak dapat membatasi paru. Dengan demikian, efek selanjutnya yaitu paru menunjukkan frekuensi dominan yang tinggi atau energi tinggi pada frekuensi 348-352 Hz. Dengan tingginya energi pada paru menyebabkan gejala-gejala awal penyakit yang sering terjadi terkait dengan ketidaknormalan fungsi kerja organ paru, seperti : rasa gatal pada kulit, kulit yang kering, dan lain-lain. Hal ini dapat diduga sebagai akibat dari ketidaknormalan kerja organ pada kondisi diabetes sehingga menyebabkan diperlukannya energi yang lebih untuk menyeimbangkan kondisi tubuhnya. Energi yang berlebihan ini dapat dianggap sebagai sinyal yang dipancarkan oleh organ tersebut.

Dalam kajian akupunktur dan kedokteran konvensional, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penyebab dari munculnya kecenderungan yang menjadikan perbedaan pada profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk kondisi sehat dan kondisi diabetes mellitus. Pada penelitian ini belum dapat diketahui penyebab secara pasti alasan dari timbulnya kecenderungan tersebut. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dan lebih serius dengan melibatkan pakar di bidang kedokteran konvensional maupun kedokteran akupunktur untuk menelusuri hal-hal yang terjadi pada organ-organ yang diamati dari penelitian ini. Namun yang dapat dicermati adalah organ-organ yang terhubung pada titik-titik akupunktur ini merupakan organ-organ yang rentan terganggu atau rentan terjadi komplikasi diabetes melitus.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk orang sehat memiliki pola kecenderungan amplitudo pada masing-masing kelompok frekuensi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk penderita diabetes mellitus tipe II. Berdasarkan analisis statistik, terdapat perbedaan signifikan antara profil potensial listrik fungsi frekuensi untuk orang sehat dan orang sakit yaitu pada frekuensi 1-5 Hz pada titik Xinsu, frekuensi 248-252 Hz pada titik Ganshu, frekuensi 348-352 Hz pada titik Feishu, sedangkan pada frekuensi lainnya pada titik akupunktur lainnya tidak terdapat perbedaan signifikan. Dengan dapat terbedakannya profil potensial listrik pada titik akupunktur untuk orang sehat dan penderita diabetes mellitus, metode ini dapat digunakan untuk diagnosis dini diabetes mellitus. Namun perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meyakinkan analisis profil potensial listrik pada titik akupunktur dapat dijadikan sebagai metode diagnosis baru diabetes mellitus.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari dan Santosa, B. P., 2005, *Analisis Statistik dengan Microsoft Excell & SPSS*, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Aston, R, 1990, *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Merril Publishing Company
- 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., 2003, *Analisis Profil Potensial Untuk Kelainan Fungsional Organ*, Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya
- Cameron, J.R, 1978, *Fisika Tubuh Manusia*, Diterjemahkan Oleh Brahm U. Pendit, Edisi 2, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Carlo J, Deluca, 1976, *The use of Surface EMG in Biomechanics*, <http://www.delesys.com.09/19/2000>

- Cromwell L., Arditi M. Weibel F.J., Pfeiffer E.A, Steele B., Labok J., 1976, *Medical Instrumentation for Health Care*, Prentice Hall Inc
- 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
- Hobbie, R. K. and Roth, B. J., 2007, *Intermediate Physics For Medicine and Biology*, 4th Edition, Springer Science+Bussines Media, New York
- Hall, Guyton A., 1997, *Bahan Ajar Fisiologi Kedokteran (Textbook of Medical Physiology)*, Diterjemahkan oleh Irawati Setiawan, Edisi 1, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Istikomah, 2006, *Pengaruh Stimulasi Listrik Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Mencit (Mus musculus)*, Fisika Universitas Airlangga, Surabaya
- Kusriningrum, 2008, *Perancangan Percobaan*, Airlangga University Press, Surabaya
- Labscribe Data Acquisition Software Manual.iWorx/ CB Sciences, Inc, Washington. <http://www.iworx.com>.
- Rahayu, N. E., 2011, *Analisis FFT (Fast Fourier Transform) Untuk Respon Otak Terkait Fungsi Penglihatan Akibat Pengaruh Intensitas Dan Panjang Gelombang Cahaya*, Fisika Universitas Airlangga, Surabaya
- Papoulis, A., 1984, *Signal Analysis*, McGraw Hill. Inc, Singapore
- Saputra, K., 2002, *Akpunktur Klinik*, Airlangga University Press, Surabaya
- Saputra, K., Idayanti, A., 2005, *Akupunktur Dasar*, Airlangga University Press, Surabaya
- Setioningsih, 2010, *Analisa Efek Terapi Panas Terhadap Kelelahan Otot*, ITS Library, Surabaya
- Tjia, M. O., 1994, *Gelombang*, Dabara Publishers, Solo
- Tjokropawiro, Askandar, dkk, 2007, *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*, Airlangga University Press, Surabaya
- Widhiarso, Wahyu, *Cara Membaca SPSS*, Fakultas Psikologi UGM, Yogyakarta
- Widjaya, Witjahyakarta, 2012, *EEG dan EMG: Teknik Pemeriksaan Syaraf*, RS Pondok Indah Group, Jakarta

Wijayanto, Y. Nur. dan Hastuti, D., 2006, Rangkaian Bioamplifier untuk Mendeteksi Sifat Elektris Otot, *Jurnal Elektronika No. 2 Juli-Desember 2006*, **Volume 6**

Website :

<http://compassionatedragon.com>

<http://certif.com>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>

<http://digilib.its.ac.id/analisa-efek-terapi-panas-terhadap-kelelahan-otot-10406.html>