

## Desain Signal Generator untuk Uji Kelistrikan Tubuh

**Jamzuri**

Prodi Pendidikan Fisika PMIPA FKIP UNS

E-mail: jamzuri\_uns@yahoo.com

**Abstract:** Fenomena fisik yang melibatkan listrik dan magnet telah diamati sejak zaman dulu. Perkembangan luar biasa dalam bidang ilmu listrik telah diterapkan pada banyak bidang, sehingga sekarang sulit membayangkan hidup tanpa listrik. Bioelektrisitas seperti elektrokardiogram diketahui hampir satu abad sebelum biomagnetisme ditemukan. Orang telah mengenal adanya ikan listrik (Torpedo dan belut) berabad-abad sebelum listrik secara ilmiah dipelajari. Pada tahun 1786, Luigi Galvani seorang ahli anatomi dari Italia, menemukan bukti pertama bahwa listrik berperan dalam kontraksi otot. Ia mendapatkan bahwa apabila dua potong logam yang berbeda dihubungkan dan ujung – ujung dari keduanya disentuhkan ke beberapa bagian otot seekor kodok yang telah mati, otot kodok akan berkontraksi. Alessandro Volta meneliti fenomena kelistrikan kodok merupakan proses penemuan baterai yang merupakan salah satu penemuan terpenting dalam sejarah Fisika. Kelistrikan memegang peranan penting dalam bidang kedokteran. Ada 2 aspek kelistrikan dan magnetis dalam bidang kedokteran yaitu listrik dan magnet yang timbul dalam tubuh manusia, serta penggunaan listrik dan magnet pada permukaan tubuh manusia.

**Keywords :** biolistrik

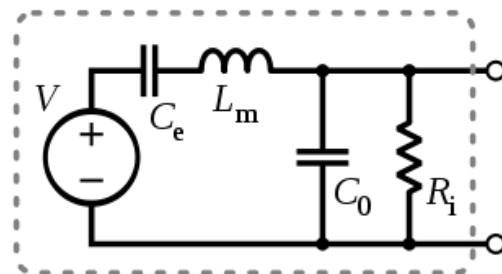
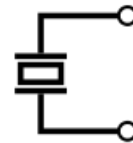
### 1. PENDAHULUAN

Kolagen adalah struktur organik pembangun tulang, gigi, sendi, otot, dan kulit. Serat kolagen memiliki daya tahan yang kuat terhadap tekanan. Kata kolagen dari bahasa Yunani yang artinya bersifat lekat.



Gambar 1. Kolagen

Salah satu proses kehidupan yang tampaknya dikendalikan secara elektrik adalah pertumbuhan tulang. Tulang mengandung kolagen yang merupakan suatu bahan piezoelektrik. Apabila kolagen diberi suatu gaya, akan terbentuk potensial dc kecil. Kolagen menghantarkan arus listrik dengan muatan negatif sedangkan kristal mineral tulang (*apatit*) yang terletak dekat dengan kolagen menghantarkan arus dengan muatan positif.



Gambar 2. Piezoelectric Transducer

Pada sambungan antara kedua jenis semikonduktor akan mengalir arus ke satu arah tetapi tidak ke arah lain (ini adalah gagasan dasar dalam mengubah sinyal ac menjadi dc dengan *rectification*).

*A piezoelectric transducer has very high DC output impedance and can be modeled as a proportional voltage source and filter network. The voltage V at the source is directly proportional to the applied force, pressure, or strain. The output signal is then related to this mechanical force as if it had passed through the equivalent.*



Gambar 3. Belut Listrik

Organ penghasil listrik yang dimiliki oleh kebanyakan ikan tersusun dari sel saraf dan sel otot yang telah mengalami perubahan penting. Bentuk organ listrik seperti piringan kecil yang memproduksi lendir (elektrosit), tersusun dan menyatu menghadap arah yang sama yang memuat 150 atau 200 piringan setiap susunannya. Prinsip kerja piringan listrik mirip kerja baterai, ketika ikan beristirahat, otot-otot yang tidak berhubungan belum aktif tetapi jika menerima pesan dari saraf, segera bekerja spontan mengeluarkan daya listrik.

Pada tahun 1899 Van Seynek melakukan pengamatan tentang terjadinya panas pada jaringan yang disebabkan oleh aliran frekuensi tinggi. Schliephake (1928) melaporkan tentang pengobatan menggunakan "infra merah". *Short wave diathermy* telah digunakan sebagai efek panas dengan frekuensi 30 MHz. Tahun 1950 sudah diperkenalkan penggunaan gelombang mikro dengan frekuensi 2.450 MHz untuk keperluan diathermi dan pemakaian radar.

Penelitian terbaru oleh para ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah membantu kita untuk lebih memahami listrik dan penggunaannya dalam pengobatan. Sekarang banyak digunakan dalam diagnosis dan terapi, yang menggunakan listrik sebagai media pengobatan, namun tetap dalam pengontrolan. Salah satu aplikasi listrik yang paling sering digunakan adalah defibrillator sebagai alat yang digunakan untuk mengembalikan detak jantung dengan mengirimkan sengatan listrik ke bagian jantung pasien.

Aplikasi listrik tanpa pengontrolan (kejut listrik) dapat mematikan. Terutama alat-alat yang menggunakan tegangan tinggi dan penggunaan secara langsung ke tubuh seperti penggunaan alat defibrillator.



Gambar 4. Defibrillator

Tabel 1. Energi Listrik pada Defibrillator

Bibliographic Entry	Result surrounding text	Standardized Result
Powerheart: Fully Automatic External Cardioverter Defibrillator-Monitor. Cardiac Science.	"The maximum energy that can be delivered by the device is 360 joule, which is the maximum limit recomended by the American Heart Association	360 J

### 1.1 Identifikasi Masalah

- Dalam tubuh terdapat sinyal-sinyal listrik
- Aktivitas kelistrikan tubuh manusia dapat diukur
- Penggunaan arus listrik untuk media pengobatan bagi tubuh manusia

### 1.2 Rumusan Masalah

- Adakah respon watak kelistrikan dalam tubuh manusia?
- Apakah pola sinyal DC berdenyut dapat digunakan pada tubuh manusia?
- Apakah prinsip kerja generator DC berdenyut digunakan untuk terapi pada permukaan tubuh?

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Sinyal listrik yang dihasilkan tubuh merupakan hasil aksi elektrokimia sel tertentu. Pengukuran isyarat listrik tubuh secara selektif sangat berguna untuk memperoleh informasi klinik tentang fungsi tubuh dan gangguan pada organ-organ tertentu.

*Elektromiograf* (EMG) adalah alat yang digunakan untuk memantau aktivitas listrik otot,



diukur dari respond jarak kejut sinyal listrik yang diberikan pada jarak tertentu.



Gambar 5. Elektromiograf

*Elektrokardiograf* (EKG) adalah alat yang digunakan untuk memantau aktivitas listrik jantung.

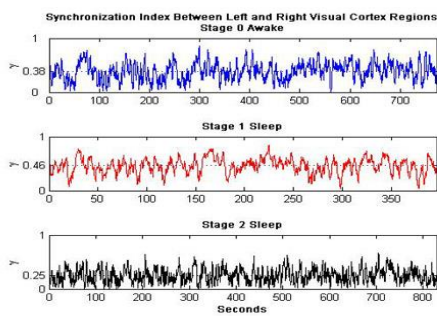


Gambar 6. Hasil Animasi EKG

Elektroensefalograf (EEG) adalah alat yang digunakan untuk memantau aktivitas listrik otak. Saat ini telah dapat dikembangkan EEG berbasis personal computer (PC).



Gambar 7. EEG Berbasis PC



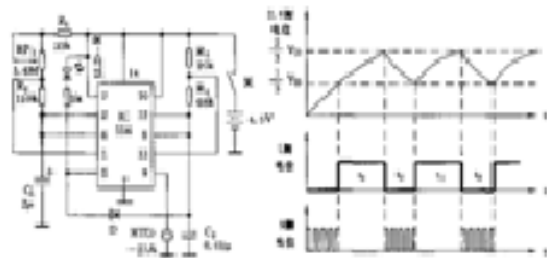
Gambar 8. Rekam Medik EEG

## 2.1 Frekuensi Arus Listrik

Sesuai dengan efek kelistrikan yang ditimbulkan, maka frekuensi listrik dibagi menjadi dua, yaitu listrik berfrekuensi rendah dan berfrekuensi tinggi.

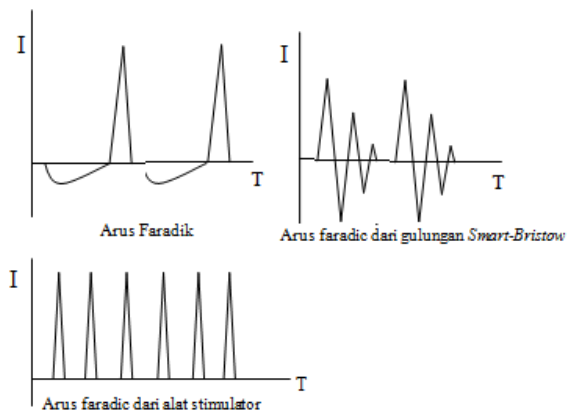
### 2.1.1 Listrik Berfrekuensi Rendah

Listrik berfrekuensi rendah adalah listrik yang memiliki frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 500.000 Hz. Frekuensi rendah ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot.



Gambar 9. Animasi Circuit Maker

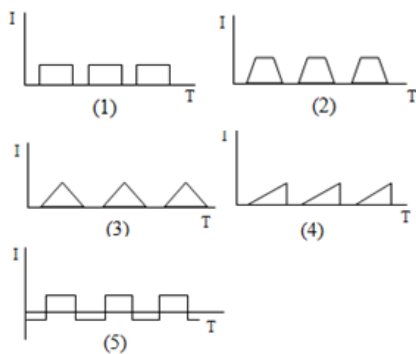
Alat-alat yang menghasilkan listrik berfrekuensi rendah yaitu: Stimulator yang rangkaiannya terdiri dari astable multivibrator. Multivibrator adalah golongan dari rangkaian osilator yang dapat menghasilkan bentuk gelombang output yang terdiri dari satu atau lebih pulsa-pulsa persegi. Astable multivibrator menyediakan rangkaian pulsa yang kontinu.



Gambar 10. Pola Arus Kejut Perangsang Otot (J.F. Gabriel, 1996:249)

Selain frekuensi mode pengulangan sinyal kejut yang dipakai juga perlu diperhatikan karena akan berpengaruh pada kenyamanan pasien penerima rangsang. Misal sinyal yang berbentuk runcing akan menimbulkan rasa sakit, sedang bila berbentuk DC bergetar akan menimbulkan rasa nyaman seperti pijat tekan tarik (bhs jawa *glinyer*). Untuk pemakaian dalam jangka waktu singkat rasa dan sifat merangsang persarafan otot dipakai arus faradik.

Untuk pemakaian dalam jangka waktu lama dan bertujuan merangsang otot yang telah kehilangan persarafan maka dipakai arus listrik yang interruptur atau terputus-putus atau arus DC yang telah dimodifikasi.



Gambar 11. Modifikasi Sinyal Impuls (J.F. Gabriel, 1996: 249)

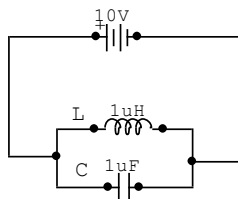
Selain arus DC ada pula yang menggunakan arus AC dengan frekuensi 50 Hz. Arus AC ini serupa dengan arus DC, mempunyai kemampuan:

- 1) Merangsang saraf sensoris
- 2) Merangsang saraf motoris
- 3) Berefek kontraksi otot.

Walaupun kemampuan efek yang ditimbulkan arus AC serupa dengan arus DC, namun dalam pemakaian arus AC (sinusoidal) di klinik sudah banyak ditinggalkan.

### 2.1.2 Listrik Berfrekuensi Tinggi

Batasan listrik berfrekuensi tinggi bila di atas 500 kHz, untuk memperoleh frekuensi tinggi dipergunakan untai osilator LC ialah rangkaian induktor. dan kapasitor.



Gambar 12. Rangkaian L-C (CircuitMaker 2000 Software)

Resonansi akan terjadi bila besarnya impedansi induktas sama dengan impedansi kapasitan.

$$X_L = X_C$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Keterangan :

F= frekuensi (Hz)

L = Induktansi inductor (henry)

C = kapasitansi capacitor (Farad)

### 2.2 Penggunaan Listrik Berfrekuensi Tinggi

Listrik berfrekuensi tinggi tidak mempunyai sifat merangsang saraf motoris atau saraf sensoris, kecuali dilakukan rangsangan dengan pengulangan sinyal dengan frekuensi yang bersifat memanaskan badan; Sedang kapasitor berfungsi untuk menyimpan muatan pada badan.

Macro wave diathermy dipakai untuk memperoleh gelombang elektromagnet agar masuk ke badan dan metoda capacitance didesain berdasarkan persamaan:

$$C = \frac{\epsilon A}{X_m}$$

Keterangan:

C = kapasitansi (Farad)

X<sub>m</sub> = Jarak antar elektroda (m)

ε = permitivitas bahan (F/m)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

Prinsip kerja *Metode capacitance* ialah menggunakan elektrode masing-masing sisi yang akan di obati dan dipisahkan dari kulit dengan bahan isolator.

Apabila kedua elektroda dialiri arus listrik (I) maka akan tercipta medan listrik di antara kedua elektroda tersebut. Dipole listrik terdiri dari pasangan muatan positif dan negatif yang sama besar dan relatif saling berdekatan.

Dipole listrik kedua sisi kapasitor menghasilkan medan listrik (ε) akan mengalami fibrasi sebagai penyebab panas yang mengikuti hukum Joule:



$$H = \frac{V.I.t}{0.24}$$

$$H = 4,2.V.I.t$$

Keterangan :

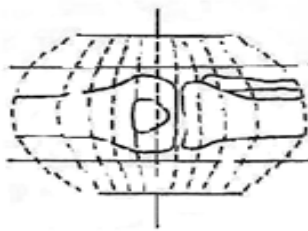
H = Energi panas yang dihasilkan (Joule)

V = tegangan (volt)

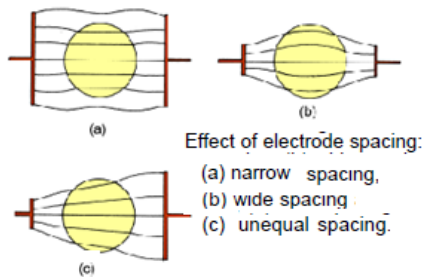
I = Kuat arus yang mengalir (Ampere)

t = waktu (sekon)

Ukuran dan jarak elektroda harus lebih besar dibandingkan struktur yang akan diobati dan jarak penempatan elektroda harus sama terhadap kulit.



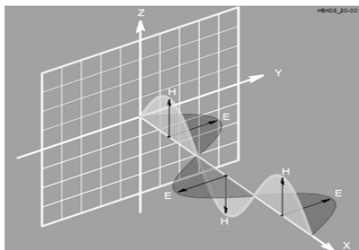
Gambar 13. Penyebaran Medan Listrik (J.F. Gabriel, 1996: 252)



Gambar 14. Besar Elektroda yang Tepat

### 2.3 Penggunaan Medan Listrik

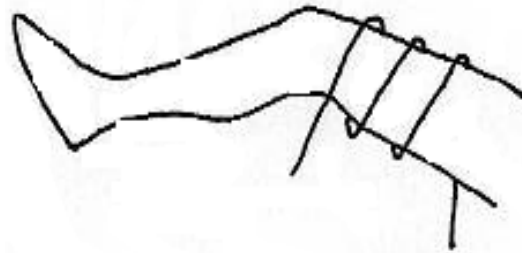
Karena medan listrik dan medan magnet berinteraksi timbal balik, maka pada pemakaian medan listrik akan timbul efek medan magnet pada saat yang bersamaan.



Sumber: Reed, 2004: 20.1

Gambar 15. Medan Listrik dan Magnet

Dalam diatermi induktansi bagian tubuh yang akan dipanaskan ditempatkan di dalam atau dekat inductor. Arus frekuensi 30 MHz dalam kumparan menghasilkan medan magnet bolak-balik jaringan menimbulkan arus eddy yang diubah menjadi energi panas dalam jaringan tubuh. Kabel dililitkan pada daerah yang akan diobati dalam bentuk heliks tunggal, *double heliks* atau grid.



Gambar 16. Teknik Pemasangan Kabel (J.F. Gabriel, 1996: 254)

Penggunaan gelombang pendek akan meningkatkan temperatur yang menyebabkan: Meningkatkan metabolisme, suplai darah meningkat dan relaksasi otot serta menurunkan tekanan darah yang disebabkan oleh pelebaran pembuluh darah.

### 2.4 Hipotesis

- Ada respond watak kelistrikan dalam tubuh manusia
- Pola sinyal DC berdenyut dapat digunakan pada tubuh manusia
- Prinsip kerja generator DC berdenyut dapat digunakan untuk terapi pada permukaan tubuh

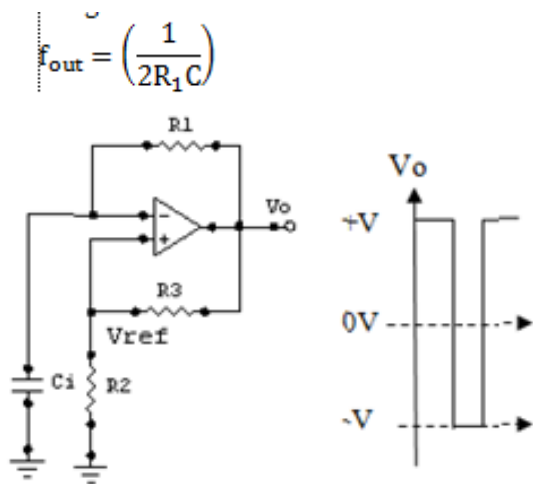
## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Osilator

Gambar 17 osilator gelombang persegi dasar dengan dua buah umpan balik, pertama datang dari keluaran menuju masukan membalik menggunakan sebuah resistor umpan balik dan sebuah kapasitor yang dibumikan. Kombinasi RC menentukan frekuensi kerja osilator. Sedang umpan balik kedua dibangun dari keluaran dan masukan tak membalik dan terdiri dari dua buah resistor yang membentuk pembagi tegangan sebagai tegangan acuan ( $V_{ref}$ ) pada masukan tak membalik.

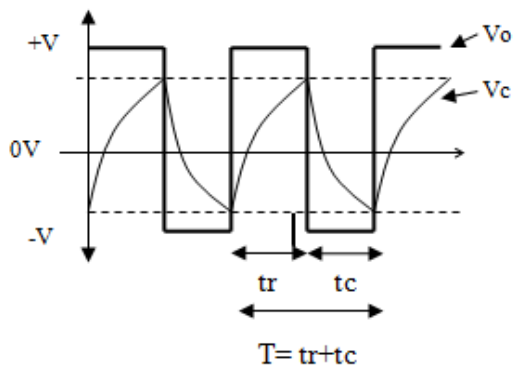
Bila resistor-resistor dipilih sehingga  $R_3 = 0,86 R_2$ , frekuensi osilator dapat didekati dengan rumus sederhana berikut





Gambar 17. Osilator Glb Kotak

Dengan jaringan pembagi tegangan  $R_2$  dan  $R_3$  memberikan  $V_{ref}$  pada masukan membalik rangkaian akan berperilaku sebagai osilator level tegangan.



Gambar 18. Pengisian Pengosongan RC

Sebagai contoh, bila pada rangkaian gambar 17 diberikan daya, kapasitor akan mengisi lewat  $R_1$  sampai mencapai  $V_{out}$ , keluran OpAmpr akan  $+V_{sat}$  dan  $v_{ref}$  pada masukan tak membalik akan berada pada tegangan ambang positif,  $+V_r$ . Bila tegangan kapasitor melebihi  $+V_r$ , keluran OpAmpr akan beralih keadaan yang menuju  $-V_{sat}$ . Kini  $v_{ref}$  pada masukan tak membalik berada pada tegangan ambang negative  $-V_{sat}$ . Sebaliknya kini kapasitor mulai mengisi dalam arah yang berlawanan menuju  $-V_{sat}$ . ketika tegangan kapasitor turun dibawah  $-V_r$ , keluran OpAmpr kembali pada keadaan semula dan  $V_{out}$  kembali pada  $+V_{sat}$ . Satu siklus telah terpenuhi, lalu proses akan terulang lagi. Gambar 7.2 memperlihatkan aksi tegangan kapasitor ( $V_{out}$ ) dan tegangan keluran OpAmpr ( $V_{out}$ ). Tegangan ambang  $+V_r$  dan  $-V_r$  ditentukan oleh resistor pembagi tegangan  $R_2$  dan  $R_3$  dan dinyatakan dalam

$$+V_r = \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) (V_{sat}) = 0,46 (+V_{sat})$$

$$-V_r = \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) (-V_{sat}) = 0,46 (-V_{sat})$$

Untuk membuat sebuah osilator dengan sinyal uji 1 KHz, dipilih komponen :

- $R_1 = 19 \text{ k}\Omega$
- $C = 0.05 \mu\text{F}$
- $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 86 \text{ k}\Omega$

Frekuensi keluaran diperiksa melalui:

$$f_{out} = \frac{1}{2R_1 C}$$

$$f_{out} = \frac{1}{2(10 \times 10^3)(0,05 \times 10^{-6})} \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$$

$$+V_{sat} = 13,5 \text{ Vol}$$

$$-V_{sat} = -13,5 \text{ Volt}$$

maka amplitudo

$$+V_T = +0,46 \times (+13,5) \text{ V}$$

$$+V_T = +6,21 \text{ V}$$

Dan

$$-V_T = 0,46 \times (-13,5) \text{ V}$$

$$-V_T = -6,21 \text{ V}$$

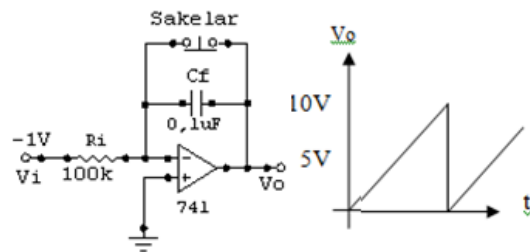
Tegangan ambang antar puncak ( $V_H$ )

$$V_H(pp) = +V_T - (-V_T)$$

$$= +6,21 - (-6,21) \text{ V}$$

$$V_H(pp) = 2(+V_T)$$

$$V_H(pp) = 2(-V_T)$$



Gambar 19. Osilator Gigi Gergaji

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{1}{R_{in} C_f} \right) X t$$

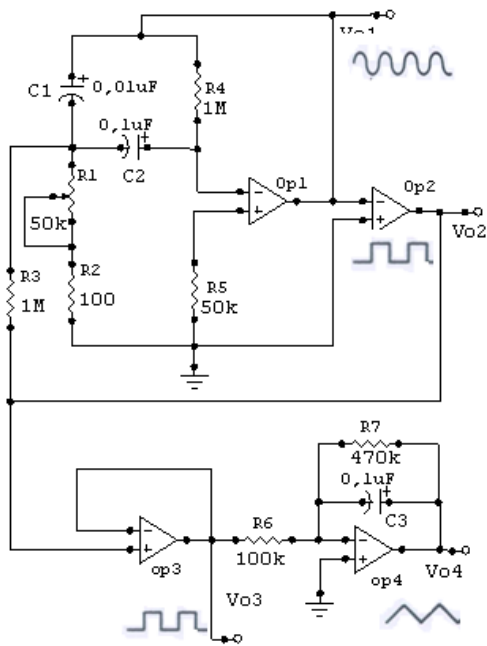
Gambar 18 osilator gelombang gergaji dengan member umpan balik  $C_f$  pada output OpAmp.

Dengan  $t$  adalah waktu saklar terbuka dalam detik. Kemiringan lereng ditentukan oleh  $V_{in}$ ,  $R_{in}$ , dan  $C_f$ . Bila diperlukan tegangan lereng negative, pada input diberikan  $V_{in}$  positif.



Osilator fungsi adalah osilator sinyal yang mampu membangkitkan dua atau lebih output bentuk gelombang yang berbeda. Gambar 19 osilator fungsi gelombang sinus dan persegi dengan  $f_{out}$  tertentu.

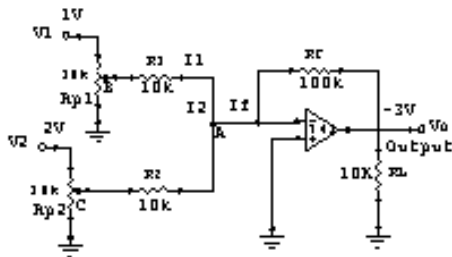
Output pembanding diumpankan pada pengikut tegangan untuk mencegah pembeban pada osilator dasar. Penambahan OpAmp 3 dan 4 sebagai integrator untuk membentuk gelombang segitiga.



Gambar 19. Osilator Fungsi

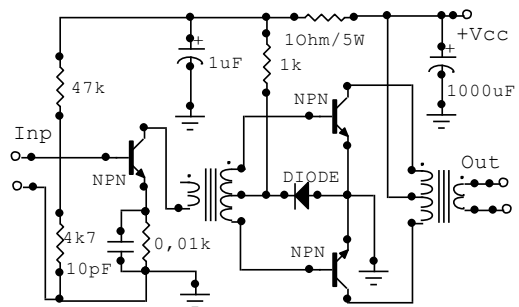
### 3.2 Mixer

Mixer, digunakan untuk pencampur gelombang, sehingga pada bagian output menjadi gelombang terpadu unik seperti sinyal musik.



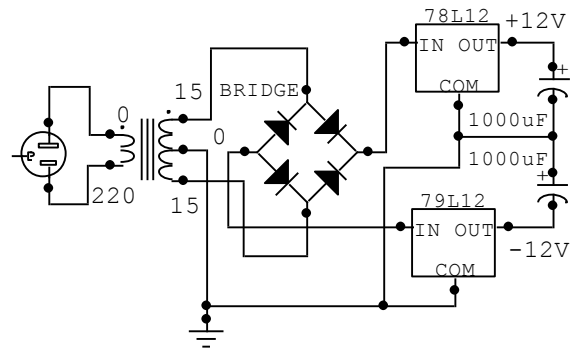
Gambar 20. Mixer Gelombang

### 3.3 Konverter



Gambar 21. Konverter

### 3.4 Catu Daya



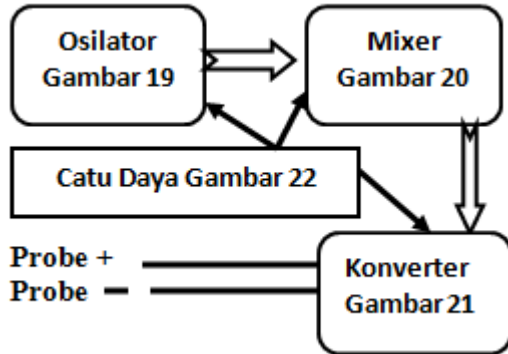
Gambar 22. Catu Daya

- Trafo : 220 : 15-0-15 Volt, 1 A
- Bredge : 5 A/50V
- Regulaor : IC 7812 dan 7912
- Capasitor : 1000µf /25 V
- Kabel : secukupnya

Jumlah koloni bakteri pada minuman *nata de coco* memiliki jumlah yang berbeda pada setiap masing-masing konsentrasi. Jumlah koloni bakteri pada minuman *nata de coco* perlakuan ekstrak kulit batang kayu manis dengan konsentrasi 30% mempunyai rata-rata pertumbuhan jumlah koloni bakteri terendah, dengan jumlah perlakuan pada pengamatan 0 hingga 5hari masih berada dibawah SNI ( $1 \times 10^4$ ). Sebaliknya rata-rata jumlah pertumbuhan koloni bakteri tertinggi adalah konsentrasi 0% dengan perlakuan tanpa pemberian ekstrak kulit batang kayu manis. Beberapa perlakuan jumlah koloni bakteri berada diatas nilai SNI setelah perlakuan 3 hari.

### 3. TAHAP PELAKSANAAN

#### 3.1 Merakit Sistem Akupungtur



Gambar 23. Sistem Akupungtur

#### 3.2 Menjalankan Sistem

- Dipilih sinyal sinus dengan frekuensi rendah dibawah 50 Hz pada input V1.
- Volume V1 dan V2 diatur pada posisi minimum
- Probe + dan probe - dihubungkan dengan bagian tubuh misal pada tengkuk.
- Naikkan posisi Volume V1 mejadi maksimum. Atau sampai gerakan tengkuk terasa nyaman.
- Beri input sinyal kotak atau segitiga naikkan volume V2 rasakan beda gerakan pada tengkuk.

#### 3.3 Menguji Sistem



Gambar 24. Neck Therapy JC-488

Uji banding dilakukan terhadap kinerja sistem gambar 23 dengan Neck Therapy JC-488 buatan Jeco gambar 24 dan alat acupuncture buatan Kangle gambar 25.



Gambar 25. Alat Akupungtur

### 4. PEMBAHASAN

- Bentuk sinyal pada frekuensi rendah di-bawah 50 Hz susah terdeteksi polanya dengan CRO.
- Alat buatan Jeco dan Kangle pada sistem gambar 24 dan 25 dapat difungsikan untuk pijatan tolak tarik dengan periode tertentu sedang pada sistem gambar 23 hanya dirasakan tarikan saja.

### 5. KESIMPULAN

- Ada respond watak kelistrikan dalam tubuh manusia.
- Pola sinyal DC berdenyut dapat direspond pada tubuh manusia.
- Prinsip kerja generator DC berdenyut dapat untuk terapi permukaan tubuh.
- Peralatan sistem gambar 23 masih perlu disempurnakan untuk efek pijatan tolak tarik periode tertentu.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Angelica, N. (2013). *Aktivitas Antibakteri Gabriel*, J.F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- (2015). *Piezoelectric*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Talk:Piezoelectric\\_sensor](http://en.wikipedia.org/wiki/Talk:Piezoelectric_sensor), 10/01/2015
- (2015). *Effect Electrode*. <http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1348642949.5499Chapter7.pdf>, 15/01/2015
- (2014). <http://hypertextbook.com/facts/1999/CindyAnnRomanowich.shtml>, 20/12/2014
- (2014). *Circuits Maker* [http://images.search.yahoo.com/search/images;\\_ylt=AOPDoKhSk5NRAzgAq0mjzbf](http://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AOPDoKhSk5NRAzgAq0mjzbf), 15/11/2014
- (2014). *Kolagen*. <http://kolagenhalal.com/kolagen-genkolagen-alphagel/kolagen/>, 10/04/2014





- (2014). *Medan Listrik*, [http://search.yahoo.com / search;\\_ylt=A0oGkkGf\\_UZRRDnQAFrBXNyoA;\\_ylc=X1](http://search.yahoo.com/search;_ylt=A0oGkkGf_UZRRDnQAFrBXNyoA;_ylc=X1), 15/05/2014
- (2014). *Belut listrik* <http://www.huteri.com/1546/penyebab-belut-bisa-mengalirkan-arus-listrik>, 10/04/2014
- (2014). *Medan Listrik*, <http://www.youtube.com/watch?v=Jx1MC2UbNxA>, 15/05/2014
- (2014). *EEG berbasis PC*. <http://www.skillstat.com/tools/ecg-simulator/#/-play>, 10/04/2014
- (2014). *Elektromiograf*. <http://www.youtube.com/watch?v=k0uSpYdIcs>, 15/05/2014
- (2014). *Kangle*. <http://www.medincn.com/lis-tings/product/537/Electronic-PulseTherapy.htmlkangleacupuncture> apparatus) 12/05/2014

**Penanya 1:**  
M Liwa Ilhamdi  
(Universitas Mataram)

**Pertanyaan:**  
Apa bedanya AC dan DC?

**Jawaban:**  
AC berubah tiap waktu atau respon, sedangkan DC datar atau tidak respon

**Penanya 2:**  
Dr. Yulia Lanti Retno Dewi dr, M.Si  
(FK UNS)

**Pertanyaan:**  
Apakah kursi pijat juga menggunakan arus AC?

**Jawaban:**  
Tidak. Tetapi terdapat roda yang bergerak menekan tubuh