

## REALISASI GENERATOR ULTRASONIK PADA FREKUENSI 40KHz – 60 KHz BERBASIS PLL ( PHASE LOCK LOOP)

### REALIZATION OULTRASONIC GENERATOR IN FREQUENCY 40 KHz – 60 KHz WITH PHASE LOOP LOCK

Brian Ardoni<sup>1</sup>, Bambang Sumajudin<sup>2</sup>, Trasma Yunita<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>brianardoni@telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>sumajudin@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang yang memiliki frekuensi diatas 20 KHz. Dalam beberapa aspek gelombang ultrasonik banyak manfaatnya. Gelombang ultrasonik yang akan digunakan itu frekuensinya 40KHz sampai dengan 60KHz.

Dalam tugas akhir ini, penulis bermaksud untuk merancang sebuah penguat generator ultrasonik dari frekuensi 40KHz sampai 60KHz. Dan pengujian kali ini menggunakan hewan seperti tikus danjangkrik sebagai media pengukuran, Komponen yang digunakan dalam pembuatan penguat sinyal di antaranya, rangkaian PLL sistem umpan balik negative, secara otomatis akan menyesuaikan fasa dari suatu sinyal yang di bangkitkan. VCO sebuah osilator yang pada control, dan tegangan adalah osilator elektronik dan banyak digunakan pada tegangan tuning input yang menentukan frekuensi osilasi. Low Pass Filter adalah penghambat atau penyaring sinyal tinggi. Dan osilator merupakan rangkaian yang membentuk gelombang periodik seperti sinusoidal, kotak dan segitiga. Tujuan dalam pembuatan ini adalah untuk mengetahui bagaimana realisasi gelombang ultrasonik frekuensi 40KHz sampai 60KHz. Dan bagaimana reaksi serangga dan tikus jika mendengar frekuensi tersebut dan bagaimana reaksinya dan kegunaan untuk kehidupan sehari hari. Hasil dari pengukuran dapat disimpulkan bahwa tikus sangat tidak menyukai gelombang ultrasonic dengan frekuensi tinggi karna dia akan merasa terganggu dan akan menjauhi sumber gelombang sedangkan untuk jangkrik dia akan mejadi diam dan tidak ada reaksi seperti tertidur.

**Kata kunci :** Generator Ultrasonik, PLL, VCO, Low Phase Filter, Osilator

#### Abstract

Generator ultrasonic waves are waves that have frequencies above 20 KHz. In several aspects of . The ultrasonic waves that will be used are frequency from 40KHz to 60KHz. In this final project, the author intends to design an ultrasonic generator amplifier from the frequency of 40KHz to 60KHz. And testing this time using animals such as mice or crickets as a measurement medium. Components used in making signal amplifiers include, the PLL circuit negative feedback system, will automatically adjust the phase of a signal generated. VCO is an oscillator that is in control, and voltage is an electronic oscillator and is widely used at the input tuning voltage which determines the oscillation frequency. Low Pass Filter is a barrier or high signal filter. And the oscillator is a series that forms periodic waves such as sinusoidal, squares and triangles. The purpose in making this is to find out how the realization of ultrasonic waves from 40KHz to 60KHz. And how the insects and mice react if they hear the frequency and how they react and use it for daily life. The results of the measurements can be concluded that the rat really dislikes ultrasonic waves with high frequency because he will feel disturbed and will stay away from the source of the waves while for crickets he will be silent and not react like sleeping

**Keywords:** Generator Ultrasonik, PLL, VCO, Low Phase Filter, Osilator

#### 1. Pendahuluan

Generator sinyal adalah sebuah alat elektronik yang menghasilkan, atau membangkitkan gelombang berbentuk sinus, segitiga, ramp, segi empat, dan bentuk gelombang pulsa. Function generator terdiri dari generator utama dan generator modulasi.. Generator itu pun sendiri di bagi menjadi dua. Ada generator utama dan generator modulasi. Dimana generator utama menghasilkan gelombang output sinus, kotak, segitiga. Dengan frekuensi 0,01 Hz sampai 13 MHz. sedangkan generator modulasi mengeluarkan gelombang sinus, kotak, dan segitiga dengan frekwensi 0,01 Hz

sampai 10 kHz. Generator sinyal input digunakan sebagai Amplitudo Modulation (AM) atau Frekuensi Modulation (FM).[1]Generator juga memiliki pengertian sebuah instrumen yang memberikan suatu pilihan beberapa bentuk gelombang yang frekwensi-frekwensinya diatur sepanjang rangkuman (range) yang lebar. Bentuk-bentuk yang lazim digunakan adalah sinusoida, segitiga, persegi, dan gigi gergaji. Frekuensi bentuk – bentuk gelombang ini dapat bisa diatur dari satu hertz sampai beberapa ratus KiloHertz (KHz) bahkan sampai megahertz (MHz).[2]Generator ultrasonik adalah suatu perangkat yang dapat menghasilkan gelombang yang memiliki frekuensi diantara 20 kHz hingga 60 kHz atau suara dengan frekuensi yang tinggi sehingga tidak dapat didengar oleh manusia.dan hanya lumba lumba,kelelawar yang bisa mendengar.Saat ini Perkembangan ilmu dan teknologi makin berkembang pesat,ada pula gelombang ultrasonic memberikan banyak keuntungan bagi perkembangan ilmu kesehatan,pertanian,industry,dan militer.Tetapi pada saat ini gelombang ultrasonic tidak dapat di rasakan oleh manusia. Dikarenakan manusia hanya dapat menerima frekuensi 20Hz-20KHz.[3].

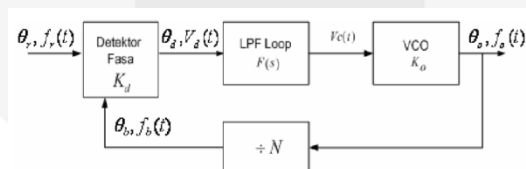
## 2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

### A. Gelombang Ultrasonik

Ultrasonik adalah sebuah suara atau getaran dengan frekuensi yang tinggi dan tidak bisa di dengar oleh telinga manusia. yaitu lebih dari 20KHz dan hanya bisa di dengar oleh beberapa hewan, seperti lumba-lumba menggunakannya untuk komunikasi sedangkan kelelawar menggunakan untuk navigasi.Gelombang elektronik dapat merambat dalam medium padat,cair,dan gas.Reflektivitas dari gelombang ultrasonic di permukaan padat hampir sama di permukaan cair. Frekuensi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonic pada aplikasi elektronik dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa yang diinduksikan oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan (efek piezoelektrik).Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Jarak suatu benda yang memanfaatkan delay gelombang pantul dan gelombang datang seperti pada sistem radar dan deteksi gerakan oleh sensor pada robot atau hewan. Contoh hewan yang dapat mendengar gelombang ultrasonik yaitu lumba-lumba, kelelawar, paus.Pada awalnya gelombang ultrasonic hanya bisa di dengar oleh hewan tertentu saja karena mempunyai frekuensi yang sangat tinggi.yang bisa mendengar hanya lumba,paus,kelelawar[4].tapi sejak ada penelitian gelombang ultrasonic sangat bagi kehidupan kita.seperti,alat militer,kedokteran, pertanian .mungkin memang sudah banyak yang meneliti gelombang ultrasonic.untuk gelombang ultrasonic ini sangat berbeda karena disini melakukan bagaimana jikal 2 pola gelombang dijadikan 1 dan bagaimana reaksinya jika ditambahkan penguat sinyal.[6]

### B. Definisi PLL (*Phase Locked Loop*)

PLL merupakan sistem umpan balik, dimana sinyal umpan balik digunakan untuk mengunci fasa keluaran sistem ke fasa masukan. Sistem ini terdiri dari detector fasa, Low Pass Filter (LPF), dan Voltage Control Osilator (VCO) umpan maju. Sedangkan pada umpan balik terdapat frekuensi pembagi yang nilainya dapat berubah – ubah.



Gambar 1. Blok diagram PLL [3].

### C. Prinsip Kerja PLL

Detector fasa menghasilkan sinyal keluaran yang merupakan suatu fungsi dari perbedaan fasa dari 2 sinyal masukan. Keluaran detektor difilter (dan mungkin dikeluarkan). Dan komponen dc error di umpankan ke VCO. Sinyal umpan balik Detector Fasa adalah keluaran VCO yang frekuensinya telah dibagi dengan pembagi N. Pengendali tegangan VCO  $V_c(t)$  memaksa VCO untuk mengubah frekuensinya yang mengurangi antara perbedaan Frekuensi masukan dan frekuensi keluaran pembagi. Jika Frekuensinya cukup dekat, mekanisme umpan balik PLL memaksa kedua detektor fasa untuk sama dan VCO dikatakan “terkunci” dengan frekuensi masukan berikutnya. Sehingga frekuensi  $f_o(t) = f_b$  dan keluaran dari frekuensi adalah

$f_b = f_o/N$  frekuensi keluaran VCO adalah  $f_o = N \cdot f_b$  adalah suatu perkalian integral dari berbagai frekuensi masukan jika pembagi frekuensi pemasukan tidak digunakan, N sepadan dengan 1. Maka ketika loop terkunci akan ada suatu beda fasa yang kecil antara kedua sinyal masukan detector fasa. Beda fasa ini mengakibatkan tegangan dc pada keluaran detector fasa yang diperlukan untuk menggeser VCO free running dan menjaga loop tetap terkunci.

#### D. Parameter dalam PLL

Beberapa Parameter yang digunakan dalam PLL [4]:

##### A. Free running frequency

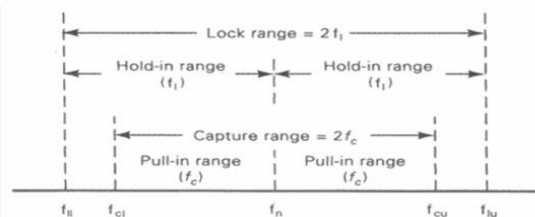
Saat tidak ada referensi yang disambungkan atau loop terbuka, VCO beroperasi pada suatu frekuensi yang disebut frekuensi natural atau frekuensi *free running* ( $f_f$ )

##### B. Look Range

- Daerah dimana PLL dapat terus berkerja yaitu daerah sekitar frekuensi  $f_f$  yang dikunci oleh PLL.
- Frekuensi rendah akan PLL jejak (*Track*) disebut batas terkunci rendah ( $f_{ll}$ ) dan frekuensi paling tinggi akan PLL jejak disebut batas terkunci atas ( $f_{lu}$ ) untuk lebih jelas lihat gambar 2.

##### C. Capture Range

- Daerah frekuensi *center* disekitar natural frekuensi VCO dimana PLL pada awalnya dapat memperoleh atau mendapatkan frekuensi terkunci dengan suatu sinyal masukan eksternal yang awalnya tidak terkunci.
- *Capture range, Frequency Range, atau Tuning Bandwidth*: Pita Frekuensi sistem yang digunakan atau rentang frekuensi dimana PLL diharapkan terkunci.



**Gambar 2.** Gambar Daerah Lock Range dan Capture range [4].

#### E. Komponen Dasar Penyusun PLL

##### 1. Osilator umpan balik positif

Osilator merupakan sesuatu rangkaian yang dapat menghasilkan keluaran berupa sinyal tegangan untuk gelombang sinusoidal, kotak, segitiga dan gigi gergaji. Rangkaian dasar osilator yang umum digunakan adalah menggunakan rangkaian umpan balik positif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Osilator sebagai penguat umpan balik [8].

Fungsi transfer *Loop* tertutup dari Gambar 3.

$$F(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{G(s)}{1 - G(s)H(s)} \quad (1)$$

Dimana  $G(s)$  adalah perolehan kompleks arah maju,  $H(s)$  adalah perolehan kompleks bagian umpan baliknya dan  $G(s)H(s)$  perolehan kompleks rantai *loop* tertutupnya.

Kriteria Barkhausen mengatakan, syarat bagi sebuah osilator umpan balik positif untuk beresilasi adalah perolehan rantai *loop* tertutup harus sama atau lebih dari satu ( $|G(s)H(s)| > 1$ ) dan pergeseran fasanya sama dengan nol. Bila ( $|G(s)H(s)| = 1$ ) maka osilasi yang terjadi akan stabil dan untuk ( $|G(s)H(s)| > 1$ ) mengakibatkan osilasi yang terjadi tidak stabil [11].

### F. Detektor Fasa

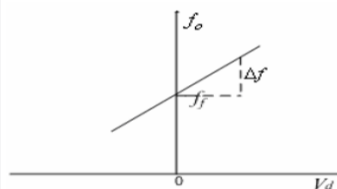
Detektor fasa digunakan untuk mendeteksi adanya beda fasa antara frekuensi referensi ( $f_r$ ) dengan frekuensi keluaran VCO yang telah dibagi oleh pembagi N ( $f_b$ ) keluaran detector fasa merupakan hasil kali dari kedua sinyal masukan sehingga akan terdapat komponen frekuensi jumlah dan selisih ( $f_r \pm f_b$ ). Untuk kasus ini dimanfaatkan adalah komponen frekuensi selisih sehingga akan didapat sinyal DC untuk menggerakkan VCO [5].

### G. Low Pass filter (LPF)

Filter adalah suatu rangkaian yang dirancang untuk melewatkan frekuensi tertentu dengan memperlemah semua isyarat diluar frekuensi tersebut. Filter dapat bersifat aktif maupun pasif. Filter aktif pada rangkainya menggunakan operasional amplifier (*op amp*) dengan komponen resistor dan kapasitor [7]. Sedang filter pasif menggunakan komponen resistor, inductor dan kapasitor. LPF merupakan suatu rangkaian yang tegangan keluarannya tetap sampai frekuensi *cut off*  $f_{co}$  tertentu dan frekuensi di atas  $f_{co}$  tegangan keluarannya akan di perlemah atau hanya melewatkan frekuensi dibawah  $f_{co}$ . Frekuensi pancung atau frekuensi *cut off* ( $f_{co}$ ) akan terjadi tegangan sinyal keluaran LPF berharga dari nilai maksimumnya.

### H. Voltage Controlled oscillator (VCO)

VCO merupakan bagian dari PLL yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal keluaran dengan frekuensi yang merupakan fungsi dari tegangan inputnya. VCO dimisalkan mempunyai frekuensi gerak bebas  $f_f$ , dan pergeseran frekuensi  $\Delta f$  yang sebanding dengan tegangan kendali masuk  $V_d$  seperti ditunjukkan pada Gambar 4 frekuensi keluaran dapat dinyatakan oleh  $f_o = f_f + k_a v_d$  HZ atau  $\omega_a = \omega_f + K_a V_d$  rad/det



**Gambar 4.** frekuensi digambarkan terhadap tegangan kendali VCO [5].

### I. Frekuensi binatang

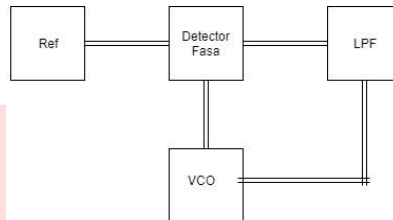
**Tabel 1.** Frekuensi pendengaran Binatang

No	Binatang	Frekuensi Pendengaran
1	Tikus	5-60 KHz
2	Jangrik	1,5 -200KHz
3	Katak	20 KHz
4	Lumba-lumba	100 KHz
5	Kelelawar	20 KHz
8	Burung	1-4 KHz
7	Kecoa	20 Hz

### 3. Perancangan dan simulasi

#### A. Perancangan Model Sistem

Gambaran umum dari sistem yang akan dirancang dan diimplementasikan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Blok diagram sistem.

Pada perancangan generator ultrasonik dengan metode PLL (Phase Locked Loop) dapat dilihat pada Gambar 5 yang merupakan Blok diagram sistem yang berisi perangkat – perangkat yang saling berhubungan. Adapun perangkat prangkat pada perancangan generator ultrasonik diantaranya Sinyal Refrensi, Detector Fasa, LPF, VCO. Pada perangkat sinyal refrensi berfungsi untuk tegangan sinyal input yang berbentuk square dan sinyal segitiga yang akan dijadikan sebagai tegangan input DC. Dilanjutkan dengan menghubungkan ke perangkat detector fasa untuk mendeteksi adanya beda fasa antara frekuensi referensi dengan keluaran VCO. Selanjutnya LPF untuk menghambat sinyal ang terlalu tinggi. VCO digunakan untuk membangkitkan sinyal yang sudah di filter dan kemudian dikeluarkan lagi untuk dibandingkan dengan fasa detector.

#### B. Penentuan Spesifikasi Generator ultrasonik

Perancangan generator ultrasonik pada penelitian kali ini mempunyai spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

**Tabel 2.** Spesifikasi Generator ultrasonik.

No	Spesifikasi	Nilai
1	Frekuensi Tengah	50 KHz
2	Rentang Frekuensi	40 KHz – 60KHz
3	$V_i$	5 V
4	Power Output	+1.5 dBm
5	Waveform	Sinusoidal dan square
6	$R_i$	100k $\Omega$
7	VDD	+15v
8	Bandwith	20
9	$V_e$	10,444V

**Tabel 3.** Tegangan input VCO.

No	Vtune (V)	Frekuensi (KHz)
1	3,2	40
2	32,5	50
3	3,18	60

**Tabel 4.** Tegangan input R Potensio.

No	R Potensio	Tegangan input(K $\Omega$ )
1	40KHz	2,16
2	50KHz	2,24
3	60KHz	2.31

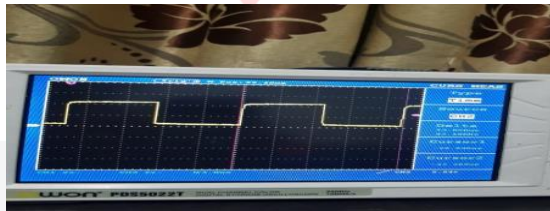
**Tabel 5.** Tegangan output VCO.

No	Vtune (V)	Frekuensi (KHz)
1	1,43	40
2	1,5	50
3	1,66	60

**4. Analisis**

**A. Pengaruh Jenis Sinyal Terhadap Generator ultrasonik**

1. Sinyal Kotak.



**Gambar 6.** Sinyal Kotak.

2. Sinyal Sinusoidal



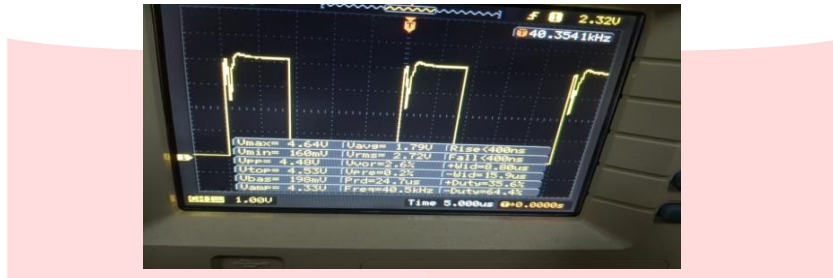
**Gambar 7.** Sinyal Sinusoidal.

**B. Hasil pengukuran sinyal Refrensi**



**Gambar 8.** Sinyal Kotak dengan Frekuensi 40Khz.

**C. Pengukuran Voltage Controlled Oscillator (VCO)**



**Gambar 9.** Hasil osiloskop frekuensi 40 KHz dari sinyal sinusoidal.

**D. Perbandingan Hasil pengukuran dengan spesifikasi**

**Tabel 6.** Perbandingan spesifikasi dan pengukuran.

Parameter Perancangan	Pengukuran Tegangan	
	Sinyal Sinusoidal	Sinyal kotak
Frekuensi 40KHz	3,2 V	1,555V
Frekuensi 50KHz	32,5 V	1,619V
Frekuensi 60KHz	3,18V	1,729V

**E. Analisis Terhadap Binatang**



**Gambar 10.** Analisis tikus



**Gambar 11.** Analisis Jangkrik

**Tabel 7.** Analisis Pengukuran Terhadap Tikus

Reaksi Hewan	Pengukuran	
	Voltage	Frekuensi
Bereaksi sedikit	3,2 V	40KHz
Bereaksi mencari gelombang ultrasonik	32,5 V	50KHz
Bereaksi sangat kacau dan sampe kabur	3,18V	60KHz

**Tabel 8.** Analisis Pengukuran Terhadap Jangkrik

Reaksi Hewan	Pengukuran	
	Voltage	Frekuensi
Bereaksi.bergerak	3,2 V	40KHz
Bereaksi bergerak banyak	32,5 V	50KHz
diam	3,18V	60KHz

## 5. Kesimpulan Dan Saran

### A. Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, pengukuran dan pengambilan data generator ultrasonik, maka dapat di dapatkan kesimpulan suatu pembangkit sinyal generator ultrasonik dengan menggunakan Phase Lock loop sinyalnya dapat berubah-ubah tergantung Rpotenzio, dan pada perancangan generator ultrasonik, LPF digunakan untuk mengubah bentuk sinyal kotak menjadi sinyal sinusoidal yang akan menjadi keluaran dari VCO., lalu hasil pengukuran generator ultrasonik memiliki tegangan yang berubah ubah, semakin tinggi frekuensi maka tegangan makin tinggi, dan dapat dibuktikan hasil pengukuran generator ultrasonik terhadap tikus dan jangkrik membuktikan bahwa tikus dan jangkrik akan menjauh saat terkena gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40-60KHz.

### Daftar Pustaka:

- [1] A.Djoko, dkk, "Ilmu pengetahuan Alam.Bandung.Grafindo Media Pratama" 2006.
- [2] A. Heit, Introduction to Phase Locked Loop, Slide Of Diversity Tech – FPGA and Board Design Service.
- [3] L.Y.Samuel, "Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design" Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1987.
- [4] A. Dinda, dkk, "Perancangan Dan realisasi Alat Pengusir Nyamuk Menggunakan Frekuensi Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler" 2014
- [5] Nilesh D. Patel, Gunjankumar R. Modi, Priyesh P. Gandhi, Amisha P. Naik, "DESIGN AND ANALYSIS OF PHASE-LOCKED LOOP AND PERFORMANCE PARAMETERS", India Institute of Technology,2017
- [6] Soetamso, "Diktat Kuliah Teknik Gelombang Mikro" STT Telkom Bandung. 2004.
- [7] S. Lanang, "Perancangan Alat Pendeteksi Posisi Benda menggunakan Gelombang Ultrasonik", 2014..
- [8] E. Jeremy, "Fundamentals Of Rf Circuir Design With Low Noise Oscillator" JOHN Wiley & SONS, LTD 2011.