

OSILASI TEREDAM PADA RANGKAIAN *L C*

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

Iga Any Heru Purnomo

11306144037

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
PROGRAM STUDI FISIKA
YOGYAKARTA
2020**

OSILASI TEREDAM PADA RANGKAIAN *L C*

Oleh:

Iga Any Heru Purnomo
11306144037

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah (1) mempelajari pergeseran frekuensi karakteristik dari model ideal dan (2) memodelkan osilasi *L C* tanpa hadirnya resistor secara eksplisit. Kapasitor keramik dan mylar, induktor berupa solenoid buatan sendiri dengan menggunakan kawat enamel adalah sebagai bahan dalam penelitian ini karena mudah didapatkan di pasaran.

Proses pengambilan data dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta pada bulan September hingga November 2019. Prosesnya ialah kapasitor diisi hingga tegangan tertentu kemudian jalur pengisian dilepas dan langsung dihubungkan ke induktor. Cara ini dipilih agar sistem persamaan orde dua yang terjadi menjadi homogen. Data dianalisis menggunakan *MS EXEL* dan *Matlab* untuk mengetahui bentuk osilasi yang terjadi, konstanta peluruhan, nilai frekuensi, dan simulasi komputasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap komponen memiliki *equivalent series resistance* (ESR). (1) ESR membuat model menjadi lebih dekat dengan kenyataan. Dapat disimpulkan bahwa pergeseran frekuensi karakteristik pada rangkaian *L C* tergantung pada nilai *L*, *C*, dan *ESR*. (2) Sumbangsih perubahan frekuensi terbesar adalah tergantung nilai *L C*.

Kata kunci: Osilasi teredam, ESR, Rangkaian *L C*, Kapasitor, Induktor.

DAMPED OSCILATION ON $L\ C$ CIRCUIT

Iga Any Heru Purnomo
11306244037

ABSTRACT

The purpose of this research were to study the shift of characteristic frequency from ideal model and to model $L\ C$ oscillation, in which there was no physical resistor applied to system. In this research mylar and ceramic capacitors were used and for inductor, custom inductor had been used because they were easy to find.

The data were collected on September until November 2019 at Instrument and Electronic Laboratory Department of Educational Physics, Faculty Mathematics and Sciences, Yogyakarta State University. The way to collect the data was to charge the capacitor until a certain voltage, after that the connections were moved from the terminals of capacitor to inductor. This way was chosen to reduce the math equation to homogeneous *ODE*. *MS EXEL* and *Matlab* were used for data analysis. From analysis the frequency, waveform look like, and decay value were obtained.

The result show that C and L have an equivalent series resistance (ESR). ESR makes model close to reality. The shifting of characteristic frequency in the $L\ C$ circuit depends on the L , C , and ESR values. The largest contribution to frequency change depends on the value of $L\ C$.

Keywords: Damped oscillation, ESR, $L\ C$ circuit, Capacitor, Inductor.

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

OSILASI TEREDAM PADA RANGKAIAN LC

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

OSILASI TEREDAM PADA RANGKAIAN LC

Iga Any Heru Purnomo

11306144037

disusun oleh:

Iga Any Heru Purnomo

11306144037

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Pembimbing untuk dilaksanakan Ujian
Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

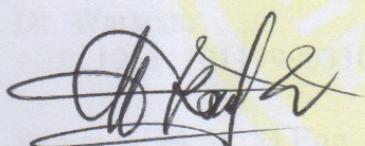
Yogyakarta, 8 Januari 2020

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika

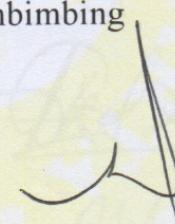
Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Warsono

NIP. 196811011999031002



Agus Purwanto, M.Sc.

NIP. 196508131995121001

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul
OSILASI TEREDAM PADA RANGKAIAN L C

disusun oleh:

Iga Any Heru Purnomo

11306144037

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi,
Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Yogyakarta.

Pada tanggal 9 Januari 2020

TIM PENGUJI

Nama

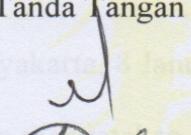
Jabatan

Tanda Tangan

Tanggal

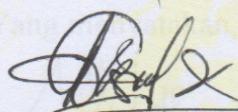
Agus Purwanto, M.Sc

NIP. 196508131995121001 Ketua Penguji

 20 Januari 2020

Dr. Warsono

NIP. 196811011999031002 Penguji Utama

 20 Januari 2020

Sumarna, M.Sc. M.Eng.

NIP. 196103081991011001 Sekretaris Penguji

 20 Januari 2020

Yogyakarta, 20 Januari 2020

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,

Prof. Dr. Ariswan, M. Si.
NIP. 195909141988031003



HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Iga Any Heru Purnomo
NIM : 11306144037
Program Studi : Fisika
Judul : Osilasi Teredam pada Rangkaian $L C$

Menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 8 Januari 2020

Yang menyatakan,



Iga Any Heru Purnomo

NIM 11306144037

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi berjudul **“Osilasi Teredam pada Rangkaian L C”**. Selama penyusunan Skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ariswan, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY.
2. Bapak Jaslin Ikhsan, Ph.D selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama, FMIPA UNY.
3. Bapak Dr. Warsono selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
4. Bapak Sumarna, M.Si, M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
5. Agus Purwanto, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Skripsi dan Kepala Laboratorium ELINS Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
6. Hasna Fadlilatul B., M.Biotech dan segenap Civitas Akademika FMIPA UNY, serta pihak–pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari penyusunan Skripsi ini belum sempurna, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca. Penulis mengharapkan semoga Skripsi ini bermanfaat bagi berbagai pihak. Terima kasih.

Yogyakarta, 8 Januari 2020
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Komponen Pasif Elektronik Dasar	4
1. Induktor	4
2. Kapasitor	5
B. Osilasi	8
1. Osilasi dan Osilator	8
2. Osilasi pada <i>L C</i> Ideal	9
3. Osilasi Teredam	10
BAB III. METODE	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	11
1. Waktu Penelitian	11
2. Tempat Penelitian	11
B. Objek Penelitian	11
C. Variabel Penelitian	11
1. Variabel Bebas	11
2. Variabel Terikat	12
3. Variabel Kontrol	12
D. Alat dan Bahan	13
1. Alat	13
2. Bahan	13
E. Cara Kerja	14

1. Alur Penelitian	14
2. Cara Pengambilan Data	15
a. Pengambilan Data Osilasi.....	15
b. Pemodelan Komputasi.....	15
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	16
1. Data 1	17
2. Data 2	21
3. Data 3	25
B. Pembahasan	29
1. Nilai Frekuensi	31
2. Nilai Peluruhan.....	32
3. Hasil Komputasi.....	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tipe Induktor	5
Gambar 2.2. Model Osilator $L C$ Ideal	10
Gambar 2.3. Osilasi Teredam	10
Gambar 3.1. Skema Rangkaian dalam Penelitian	15
Gambar 4.1. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	17
Gambar 4.2. Peluruhan atas osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	18
Gambar 4.3. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	19
Gambar 4.4. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm2)$ μ H	21
Gambar 4.5. Peluruhan atas osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm2)$ μ H	22
Gambar 4.6. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm2)$ μ H	23
Gambar 4.7. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	25
Gambar 4.8. Peluruhan atas osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	26
Gambar 4.9. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H	27
Gambar 4.10. Model fisis $L C$	29
Gambar 4.12. Hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 1	33
Gambar 4.13. Hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 2	34
Gambar 4.14. Hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 3	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbandingan Kapasitansi dan Induktansi	4
Tabel 2.2. Tipe Induktor	17
Tabel 4.1. Puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0 \pm 0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2 \pm 0,9)$ μ H	20
Tabel 4.2. Puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220 \pm 20)$ pF (keramik) & $L=(24 \pm 2)$ μ H.....	24
Tabel 4.3. Puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220 \pm 20)$ pF (Mylar) & $L=(9,2 \pm 0,9)$ μ H.....	28
Tabel 4.4. Nilai Frekuensi Maksimum Minimum Serta Teoritis	31
Tabel 4.5. Nilai Peluruhan Nyata Berbanding dengan Teori	32
Tabel 4.6. Data Nilai $esr L$ dan C pada Saat Proses Komputasi	36
Tabel 4.7 Nilai Frekuensi Maksimum Minimum Serta Teoritis Hasil Komputasi	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Osilasi mengacu pada gerakan periodik yang bergerak pada jarak tertentu terhadap posisi kesetimbangan dan berulang selama periode waktu tertentu. Osilasi terjadi ketika suatu sistem terganggu dari posisi keseimbangan (Tipler & Mosca, 2008: 457). Osilasi terjadi pada semua komponen kehidupan (Smith, 2010:1). Alat elektronik yang bekerja berdasarkan prinsip osilasi disebut dengan osilator. Osilator sendiri, layaknya osilasi banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Cao & Leger, 2017: 3-12). Osilator elektronik adalah sirkuit elektronik yang menghasilkan sinyal elektronik yang berosilasi periodik (Horowitz & Hill, 2015: 425). Salah satu komponen utama dari osilator elektronik yaitu induktor dan kapasitor, yang membentuk suatu osilator *L C* (Karim *et al.*, 2014:678).

Kinerja suatu sistem elektronik tergantung pada kinerja komponennya (transistor, dioda, resistor, kapasitor, dan induktor) (Goodge, 1990: 35). Pada suatu komponen elektronik karakteristik yang dimiliki suatu komponen mungkin berbeda dengan karakteristik sesungguhnya. Hal ini akan menyebabkan rangkaian bekerja dengan tidak optimal (Schultz, 2011: 68). Kendala ini juga umum ditemukan pada osilator, salah satunya berupa tidak stabilnya frekuensi hasil osilasi (Westra *et al.*, 1999: 5-11). Hal ini salah satunya dapat diakibatkan oleh osilasi teredam (Abbot, 1921: 482).

Kendala akibat adanya redaman osilasi dapat menyebabkan kegagalan dari suatu sistem yang memiliki osilator sebagai komponen utama suatu rangkaian.

Maka setiap sistem elektronik membutuhkan suatu osilator yang spesifik sesuai dengan kebutuhan sistem (Westra *et al.*, 1999:5-11). Salah satu proses untuk mengatasi permasalahan tersebut membutuhkan perhitungan matematis dan fisis yang pelik. Proses pemodelan adalah proses rekayasa matematika dan fisika untuk menggambarkan keadaan suatu sistem. Pemodelan suatu rangkaian elektronik merupakan hal penting karena pemodelan memungkinkan didapatkannya prediksi karakter sistem. Prediksi karakter sistem mempermudah para pengguna sistem untuk melakukan optimasi dan pencarian kelemahan sistem (Westra *et al.*, 1999: 215).

Idealisasi suatu masalah tidak akan pernah bisa dihindari. Proses membangun model matematika dari sistem fisik harus memperhitungkan faktor-faktor dasar, sehingga tidak perlu untuk mencoba memperhitungkan semua faktor. Hasil percobaan memungkinkan peneliti menilai apakah idealisasi itu sah. Hal ini memungkinkan perbedaan antara teori dan eksperimen diamati (Andronov and Khaikin, 1966: 6-8).

Osilasi merupakan suatu hal yang sangat penting dan tidak terlakuk dalam kehidupan sehari-hari. Mengingat pentingnya dan luasnya peranan suatu osilasi dalam setiap ranah kehidupan, maka menjadi hal yang penting pula untuk mempelajari pemodelan osilasi teredam, terutama dalam suatu sistem elektronik.

B. Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah redaman osilasi $L C$ pada rangkaian tanpa resistor?
2. Bagaimanakah pergeseran frekuensi karakteristik dari model ideal?

C. Pembatasan Masalah

Karena terbatasnya kemampuan peneliti dalam melakukan penelitian maka penelitian ini akan dibatasi masalahnya dengan hanya meneliti pada bagian berikut:

1. Osilasi hanya diteliti pada frekuensi fundamentalnya.
2. Osilasi diteliti hanya menggunakan osilokop.
3. Nilai C dan L terbatas sesuai yang telah disebut pada metode.
4. Jenis C dan L terbatas sesuai yang telah disebut pada metode.
5. Jumlah data terbatas sesuai yang telah disebut pada metode.

D. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mempelajari redaman osilasi $L C$ pada rangkaian tanpa resistor.
2. Mempelajari pergeseran frekuensi karakteristik dari model ideal.

E. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Sebagai referensi terkait pemodelan dalam bidang fisika, khususnya pada elektronika dan instrumentasi.
2. Sebagai referensi terkait perancangan osilator elektronik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Komponen Pasif Elektronik Dasar

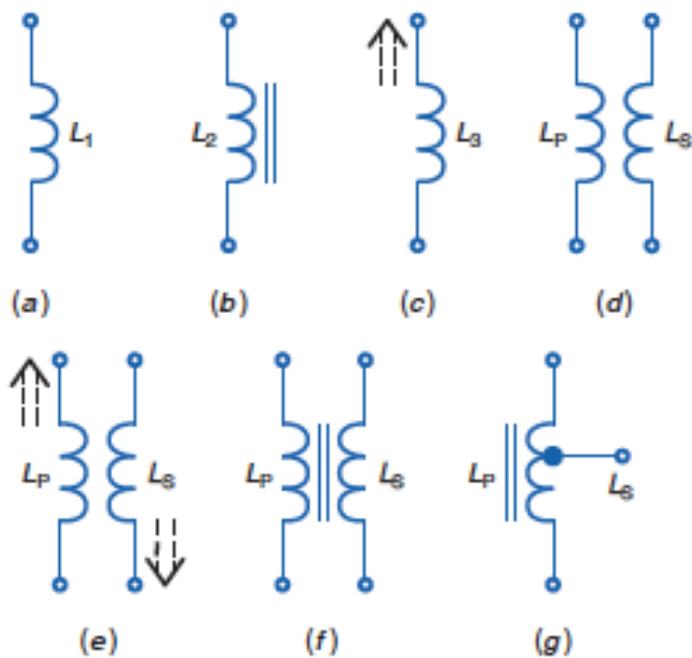
Suatu sistem elektronik tergantung pada kinerja transistor, dioda, resistor, kapasitor, dan induktor (Goodge, 1990: 35). Induktor dan kapasitor merupakan komponen utama suatu rangkaian dasar. Pemilihan dan perawatan komponen-komponen ini tergantung pada spesifikasinya sendiri dan kondisi yang dibutuhkan. Hal ini juga akan memerlukan pengembangan teknik analisis baru (Eggleson, 2011:27). Pada tulisan ini induktor dan kapasitor merupakan komponen utama yang berperan. Adapun perbandingan keduanya disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1. Perbandingan Kapasitansi dan Induktansi (Schultz, 2011: 594)

Capacitance	Inductance
Symbol is C	Symbol is L
Unit is the farad (F)	Unit is the henry (H)
Needs dielectric as insulator	Needs conductor for circuit path
More plate area allows more C	More turns allow more L
Dielectric can concentrate electric field for more C	Core can concentrate magnetic field for more L
$C_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \text{etc.}}$ in series	$L_{\text{eq}} = L_1 + L_2$ in series
$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$ in parallel	$L_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$ in parallel

1. Induktor

Induktansi adalah kemampuan konduktor untuk menghasilkan tegangan induksi ketika arus berubah. Komponen elektronik yang diproduksi dengan nilai induktansi yang pasti disebut induktor. Simbol untuk induktansi adalah L , dan satunya adalah henry (H) (Schultz, 2011: 558). Pada Gambar 2.1 berikut ditampilkan beberapa tipe induktor.



Gambar 2.1. Tipe Induktor (a) *Air-core* (b) *Iron-core* (c) *Adjustable ferrite core*. (d) *Air-core transformer*. (e) *Variable*. (f) *Iron-core transformer*. (g) *Autotransformer* (Schultz, 2011: 593).

Nilai suatu induktor dapat berubah dari waktu ke waktu. Hal ini dapat diakibatkan oleh kerusakan inti, lilitan, maupun kumparan. Perubahan ini dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan penganalisis kapasitor-induktor atau *L C R* meter (Schultz, 2011: 591-592).

2. Kapasitor

Kapasitor dibentuk dari pasangan konduktor yang umumnya berupa dua pelat parallel (Eggleson, 2011: 27). Kapasitor terdiri dari isolator (dielektrik) antara dua konduktor. Konduktor digunakan agar dapat menimbulkan tegangan di isolator. Berbagai jenis kapasitor diproduksi dan dinamai sesuai dengan komponen dielektriknya, seperti kapasitor udara, keramik, mika, kertas, film, dan elektrolit (Schultz, 2011: 472).

Kapasitansi adalah kemampuan dielektrik untuk menahan atau menyimpan muatan listrik. Semakin banyak muatan yang disimpan untuk tiap tegangan yang diberikan, semakin tinggi kapasitansi. Simbol untuk kapasitansi adalah C (Schultz, 2011: 470-471). Kapasitansi ditentukan oleh luas pelat, jarak antar pelat, dan konstanta dielektrik dari material antar pelat. Kapasitansi hanya tergantung pada karakteristik fisik perangkat. Satuan kapasitansi adalah coulomb per volt atau farad (F). Dalam pemilihan kapasitor selain menentukan nilai kapasitansinya, juga diperlukan untuk menentukan nilai voltasenya. Kapasitor berfungsi dalam menyimpan muatan listrik. Ketika tegangan dikenakan ke kapasitor, muatan akan disimpan pada setiap pelat (Eggleston, 2011: 27).

Bahan dielektrik mampu menahan muatan listrik karena elektron bebas tidak dapat mengalir melalui isolator. Namun, harus ada muatan dari sumber tertentu. Ketika bahan dielektrik terhubung ke dua konduktor yang berbeda potensial, elektron dari sumber tegangan menumpuk di sisi kapasitor yang terhubung ke kutub negatif V , dan pada sisi yang berlawanan yaitu kutub positif kehilangan elektron. Hal ini menyebabkan adanya kelebihan elektron yang menghasilkan muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif di sisi lain. Akumulasi muatan pada salah satu sisi sebanding dengan jumlah muatan yang diambil dari pelat yang berlawanan. Pengisian daya dilakukan hingga perbedaan potensial pada kapasitor sama dengan tegangan yang diberikan. Arus pengisian ini bersifat sementara atau hanya mengalir sampai kapasitor diisi ke tegangan yang diberikan. Tidak adanya arus pada sirkuit ini, menyebabkan penyimpanan muatan pada dielektrik. Semakin banyak muatan yang disimpan untuk jumlah tegangan yang diberikan berarti semakin besar kapasitansi (Schultz, 2011: 472).

Pemberian arus AC, pengisian, pengosongan, dan pengisian balik kontinu menyebabkan histeresis bahan dielektrik. Hal tersebut dikarenakan perubahan yang tidak serta merta dapat diatasi oleh dielektrik. Pengisian dengan frekuensi tinggi memungkinkan adanya perbedaan tegangan AC yang diterima kapasitor dengan tegangan AC aktual pada dielektrik. Hal ini disebabkan oleh efek histeresis pada dielektrik, sehingga perbedaan akan meningkat seiring dengan peningkatan frekuensi. Perbedaan tersebut dapat direpresentasikan sebagai resistor baik secara seri atau paralel pada kapasitor ideal. Hal ini disebut dengan *Equivalent Series Resistance* (ESR). Idealnya nilai ESR suatu kapasitor adalah nol (Schultz, 2011: 497).

ESR yang tinggi mengurangi kapasitas normal kapasitor yang menyebabkan operasi rangkaian tidak tepat. Pada beberapa kasus hal ini dapat menyebabkan kapasitor terlalu panas. ESR suatu kapasitor dapat diketahui menggunakan alat penganalisis kapasitor-induktor. Kapasitor dapat pula menjadi bocor atupun konslet sehingga tidak dapat menyimpan muatan. Kapasitor yang baik memiliki resistansi parallel yang sangat tinggi hingga beberapa megohms; sedangkan kapasitor korslet memiliki resistansi mendekati nol ohm (Schultz, 2011: 497).

Kapasitor dapat mengalami hubungan pendek. Hal ini dapat diakibatkan oleh kondisi dielektrik membekuk seiring dengan bertambahnya usia dan tegangan pengisian, terutama pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini lebih umum terjadi pada kapasitor kertas dan elektrolit. Semua jenis kapasitor dapat memiliki perubahan nilai, namun beberapa memiliki kecenderungan lebih tinggi. Kapasitor keramik dapat mengalami perubahan sepuluh hingga lima belas persen pada tahun pertamanya, akibat relaksasi material penyusun. Pada kapasitor elektrolit, elektrolit

dapat mengering terutama bila digunakan pada suhu tinggi (Schultz, 2011: 497-499).

B. Osilasi

1. Osilasi dan Osilator

Osilasi mengacu pada gerakan periodik yang bergerak pada jarak tertentu terhadap posisi kesetimbangan dan berulang selama periode waktu tertentu. Osilasi terjadi ketika suatu sistem terganggu dari posisi kesetimbangan stabil. Osilasi terjadi pada semua komponen kehidupan (Tipler and Mosca, 2008: 457). Osilator elektronik adalah sirkuit elektronik yang menghasilkan sinyal elektronik yang berosilasi periodik (Horowitz and Hill, 2015: 454). Sebuah osilator merupakan suatu alat yang menghasilkan bentuk gelombang tertentu. Bentuk gelombang yang dihasilkan dapat termasuk jenis gelombang apa saja, namun memiliki frekuensi konstan. Osilator adalah sirkuit yang mampu mengubah energi dari bentuk DC ke AC (Beasley and Miller, 2013:567).

Osilator elektrik umumnya digunakan untuk melakukan suatu kinerja yang spesifik (Karim *et al.*, 2014:677). Ragam jenis osilator ini memungkinkan berbagai aplikasinya dalam bidang elektronik dan komunikasi yang luas (Soliman, 2013:1-11), namun pemilihan jenis osilator umumnya tergantung pada:

1. Frekuensi output yang diperlukan,
2. Stabilitas frekuensi yang diperlukan,
3. Rentang frekuensi,
4. Distorsi bentuk gelombang yang dimiliki,
5. Daya luaran yang dibutuhkan

Pertimbangan tersebut dikombinasikan dengan faktor ekonomi, akan menentukan bentuk osilator yang digunakan dalam aplikasi yang dipilih (Beasley and Miller, 2014:567).

Frekuensi pada osilator ini diatur oleh rangkaian yang digunakan ($R C$ atau $L C$) (Karim *et al.*, 2014:678). Jenis osilator juga ditentukan oleh penentu frekuensi ini. Osilator $L C$ menggunakan induktor dan kapasitor untuk menyimpan energi selama periode osilasi. Osilator $R C$ menggunakan kapasitor dan resistor untuk mencegah penyimpanan energi selama periode osilasi (Tang and Kasperkovitz, 2003: 78). Osilator $L C$ memiliki kinerja *noise* yang unggul dibandingkan dengan osilator $R C$. Hal ini membuat osilator $L C$ lebih populer sebagai transiver RF. Osilator $R C$ memiliki kemudahan dalam integrasi dan rentang skala yang besar (Karim *et al.*, 2014: 678).

2. Osilasi pada $L C$ Ideal

Osilasi yang terjadi pada rangkaian $L C$ ideal merupakan bentuk simplifikasi dengan mengabaikan hilangnya energi pada rangkaian. Hilangnya energi pada rangkaian ditimbulkan oleh disipasi energi menjadi panas oleh resistor maupun radiasi elektromagnetik oleh L . Simplifikasi ini membuat sistem hanya memiliki dua komponen saja yaitu L dan C , dimana L dan C akan saling bertukar energi dan menghasilkan bentuk tegangan sinusoidal (Andronov and Khaikin, 1966: 2-3). Model fisis dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan secara matematis model ini diformulasikan sebagai :

$$V_c(t) + V_l(t) = 0 \quad (2.1)$$

dimana

$$V_c(t) = \frac{Q(t)}{C}; \quad V_l(t) = L \frac{di}{dt} \quad (2.2)$$

Solusi matematis dari persamaan (2.1) di atas adalah :

$$V_c(t) = A \sin(\omega t + \phi) \quad (2.3)$$

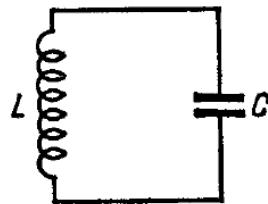
dimana

A = amplitudo yang bernilai sama dengan tegangan kapasitor awal

ω = kecepatan sudut = $2\pi f$

ϕ = pergeseran phase yang dapat dicari dengan syarat awal

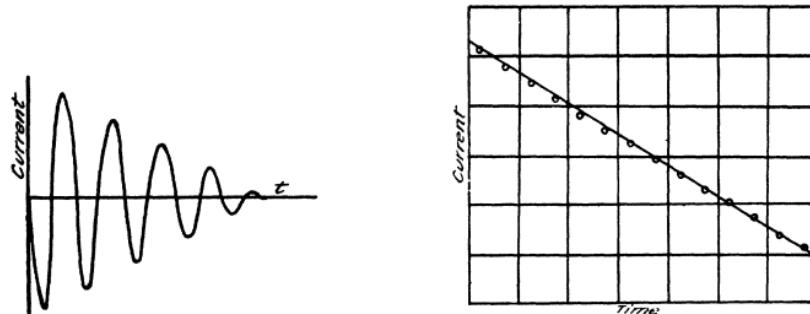
t = waktu.



Gambar 2.2. Model Osilator $L C$ ideal (Andronov and Khaikin, 1966: 2).

3. Osilasi Teredam

Suatu osilator yang sejalan dengan waktu berhenti berosilasi disebut dengan isolasi teredam (Tipler and Mosca, 2008: 477). Osilasi teredam muncul akibat adanya energi yang hilang dalam sistem. Seperti tampak pada Gambar 2.3 arus osilasi sejalan dengan waktu semakin melemah. Osilasi ini adalah hal nyata yang akan ditemukan jika dipraktikkan pada dunia nyata. Hal ini terjadi akibat tidak idealnya komponen yang dimodelkan.



Gambar 2.3. Osilasi Teredam (Abbot, 1921:482)

BAB III

METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 bulan, yaitu September 2019 hingga November 2019.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah fenomena osilasi teredam dalam rangkaian L C tanpa resistor tambahan.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

1. Tegangan pengisian kapasitor.
2. Jenis komponen induktor dan kapasitor. Jenis kapasitor yang digunakan adalah kapasitor keramik dan mylar. Jenis induktor yang digunakan adalah induktor tidak berinti.

3. Nilai kapasitor dan induktor. Nilai kapasitor tidak divariasi, melainkan sesuai dengan yang tersedia di pasaran. Nilai induktor dapat divariasi berdasarkan induktansi yang diperoleh dari gulungan kawat *enamel*.
4. Frekuensi kerja. Frekuensi dibatasi pada rentang 10 kHz hingga 1 MHz. Frekuensi yang dipilih mempertimbangkan ketersediaan kemampuan pengukuran alat ukur yang tersedia di laboratorium.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

1. Nilai frekuensi.
2. Nilai amplitudo.
3. Energi yang hilang.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

1. Komponen yang digunakan .
2. Konfigurasi susunan komponen.
3. Model dan bahan papan rangkaian.
4. Suhu ruangan $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$.
5. Alat ukur.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Osiloskop digital dengan *data recorder*.
2. Papan sirkuit pengondisi sistem.
3. Pengatur suhu ruangan.
4. Catu daya.

2. Bahan

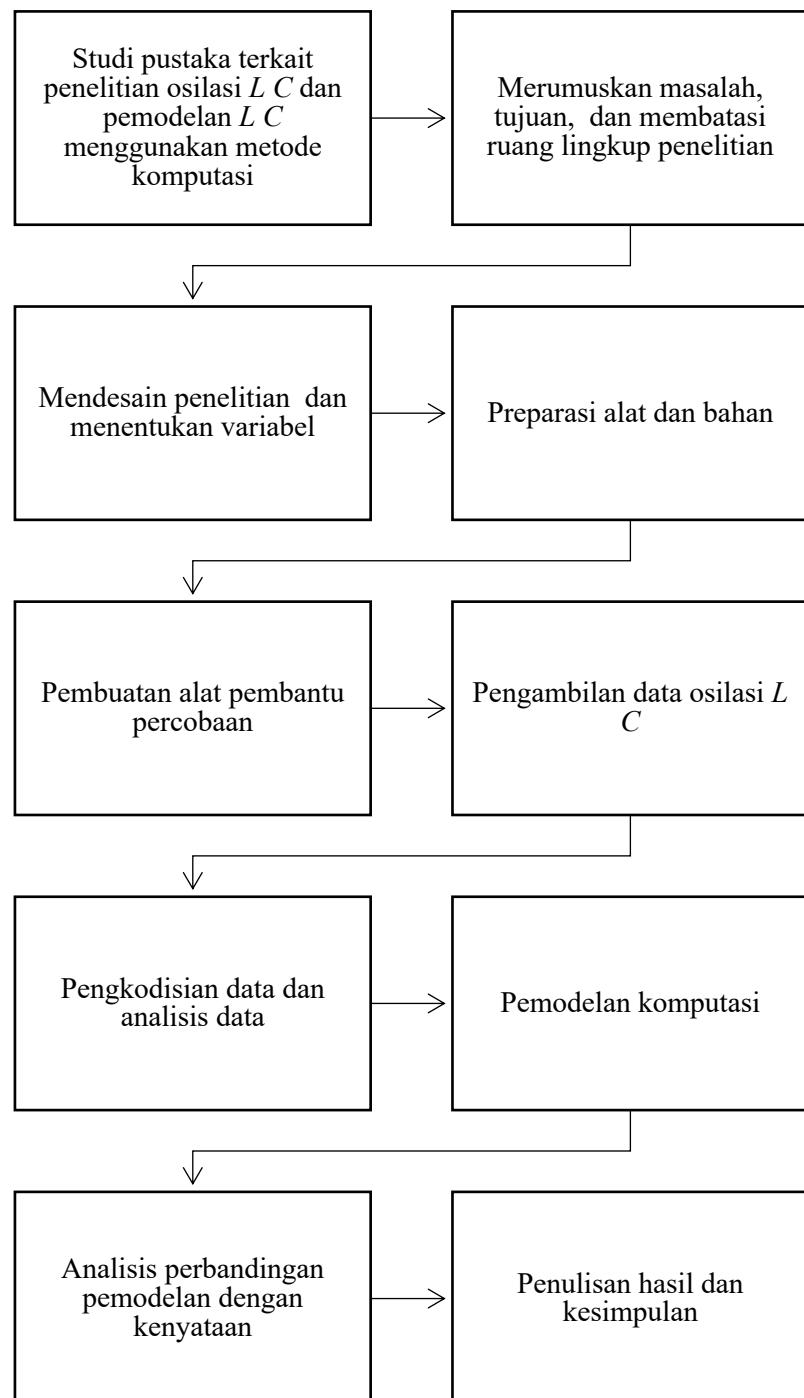
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Kawat enamel dengan spesifikasi diameter berikut:
 - a. $(0,50 \pm 0,05)$ mm
 - b. $(0,80 \pm 0,08)$ mm
2. Kapasitor dengan spesifikasi berikut:
 - a. (220 ± 20) pF (mylar)
 - b. (220 ± 20) pF (keramik)
 - c. (1000 ± 100) pF (keramik)

E. Cara Kerja

1. Alur penelitian

Alur penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

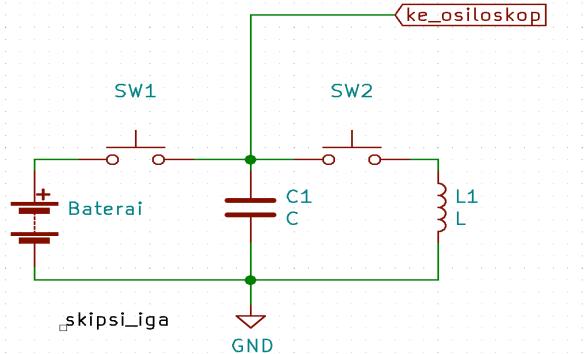


2. Cara Pengambilan Data

Cara pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan Data Osilasi

1. Rangkaian $L C$ disusun seperti disajikan pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3.1. Skema Rangkaian dalam Penelitian

2. Kapasitor dihubungkan dengan sumber daya untuk mengisi muatan kapasitor.
3. Sumber daya dilepas dari kapasitor dan menghubungkan kapasitor ke induktor
4. Tegangan yang muncul antara kaki kapasitor direkam.
5. Setiap komponen yang digunakan diambil datanya dengan mengulang proses 2 hingga 4.

b. Pemodelan Komputasi

1. Model matematis yang mendekati karakteristik sistem didesain.
2. Model matematis dideskripsikan.
3. Program komputasi disusun menggunakan Matlab.
4. Hasil komputasi yang diperoleh disusun grafiknya.
5. Hasil komputasi dibandingkan dengan data percobaan yang diperoleh.
6. Kesalahan metode komputasi dianalisis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

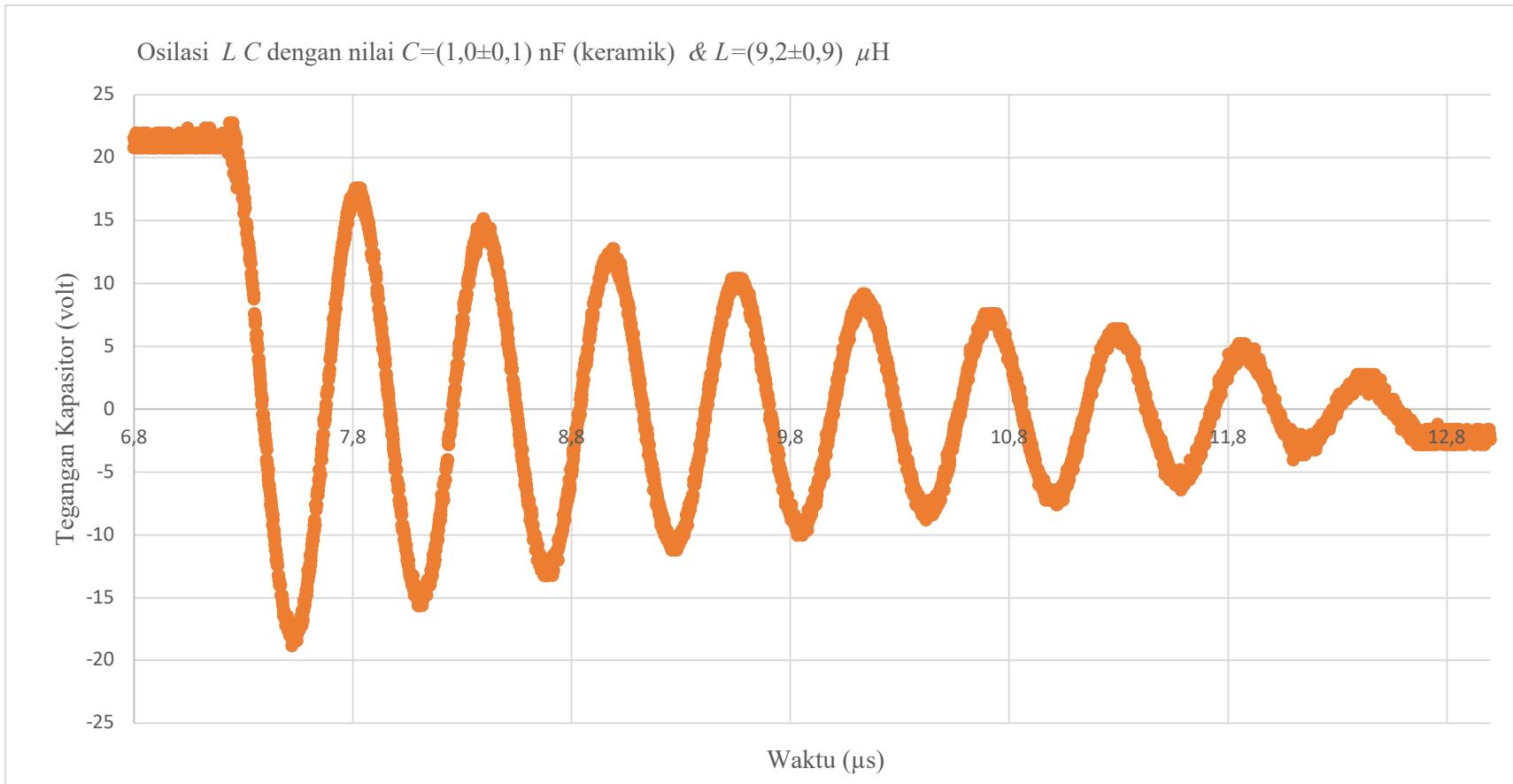
Hasil dari penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik antara amplitudo tegangan dan waktu. Besaran untuk sumbu y adalah amplitudo dengan satuan volt dan besaran untuk sumbu x adalah waktu dengan satuan mikrodetik. Satuan yang digunakan tidak dalam orde yang sama karena apabila dipaksakan sama, maka tulisan pada grafik tidak akan muncul dengan baik.

Ada 20064 data untuk masing-masing peristiwa osilasi. Awal terjadinya osilasi teredam tidak dapat dibuat sama. Peristiwa tersebut akan terjadi secara acak. Banyaknya data tersebut membuat grafik harus dimanipulasi agar jelas. Program yang digunakan untuk pembuatan grafik adalah *Microsoft Exel*. Manipulasi yang dilakukan adalah mengubah posisi tengah sumbu x . Posisi tengah sumbu x pada grafik bermula pada titik yang mendekati gelombang akan terbentuk.

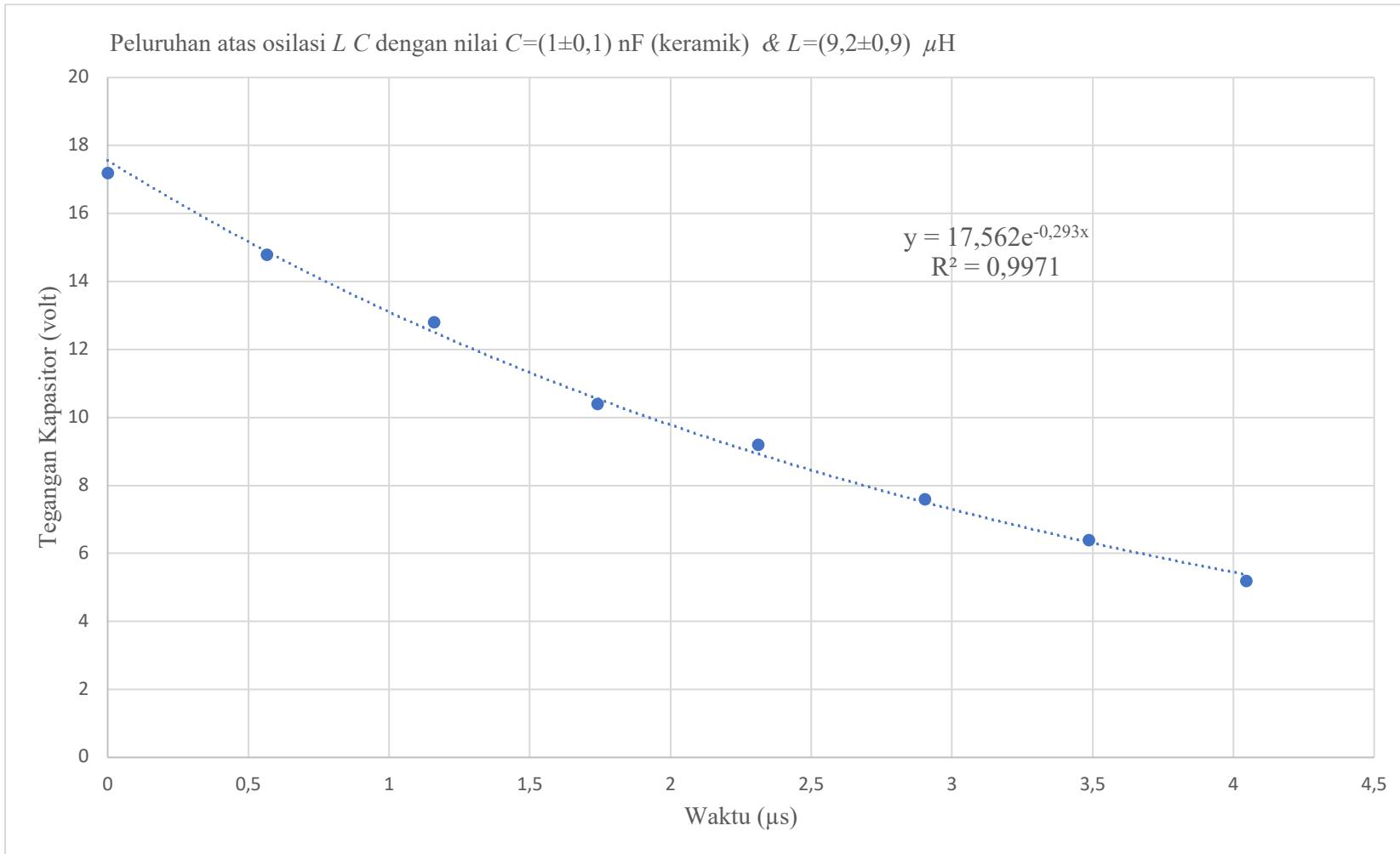
Pencarian puncak-puncak dan lembah-lembah osilasi dilakukan secara manual dengan melihat bentuk grafik dan memilih datanya. Setelah terpilih datanya dilakukan analisis dengan mengrafikkan data tersebut dan melakukan *fitting data* secara eksponensial. Lembah-lembah dimanipulasi dengan membuang nilai negatifnya. Nilai negatif dibuang dengan maksud agar data dapat di-*fitting* secara eksponensial.

Pada halaman selanjutnya akan disajikan grafik hasil penelitian.

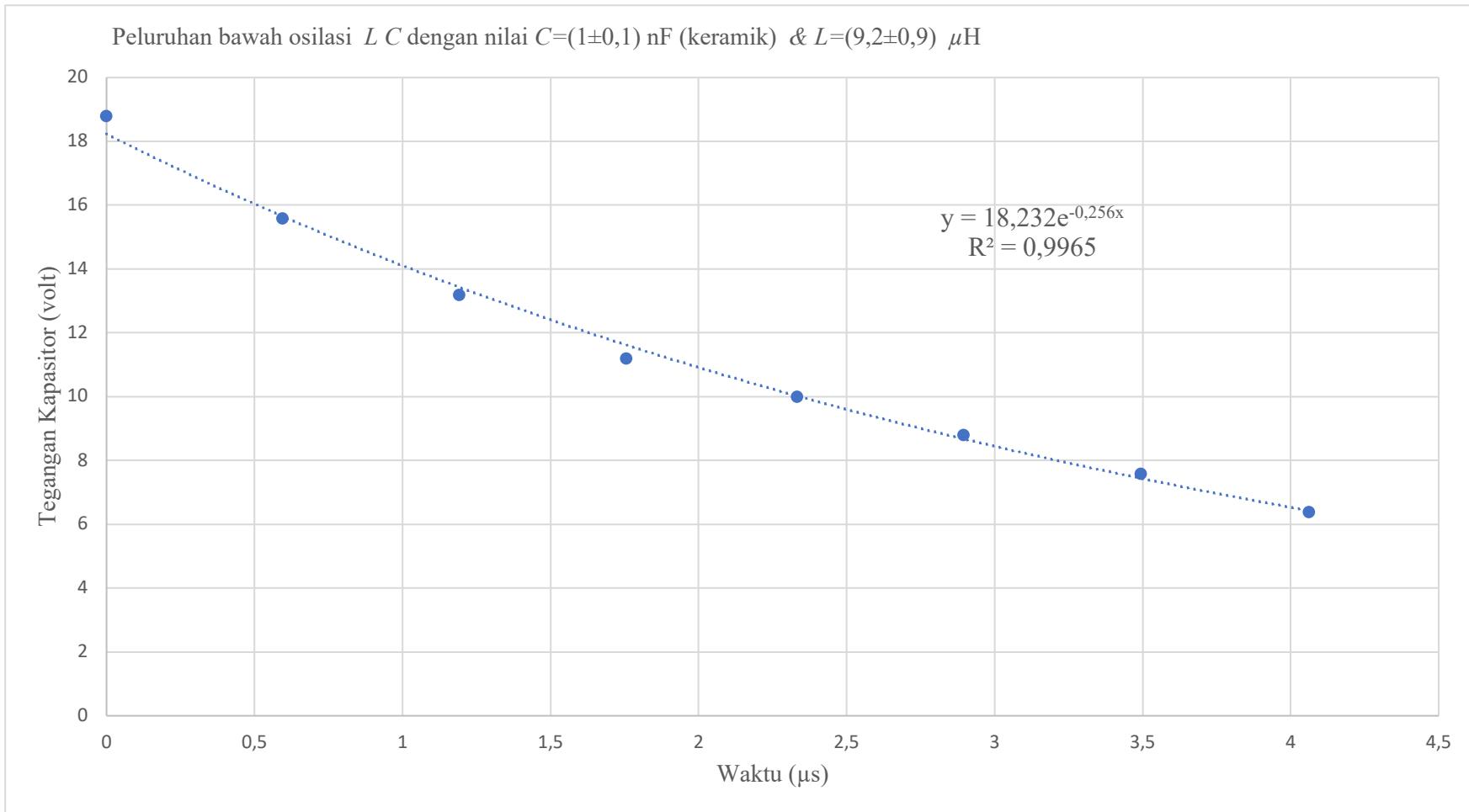
1. Data 1



Gambar 4.1. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm 0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2\pm 0,9)$ μ H.



Gambar 4.2. Peluruhan atas osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm 0,1) \text{ nF}$ (keramik) & $L=(9,2\pm 0,9) \text{ }\mu\text{H}$.



Gambar 4.3. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0\pm 0,1)$ nF (keramik) & $L=(9,2\pm 0,9)$ μ H.

Tabel 4.1. Tabel puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(1,0 \pm 0,1) \text{ nF}$ (keramik) & $L=(9,2 \pm 0,9) \text{ } \mu\text{H}$

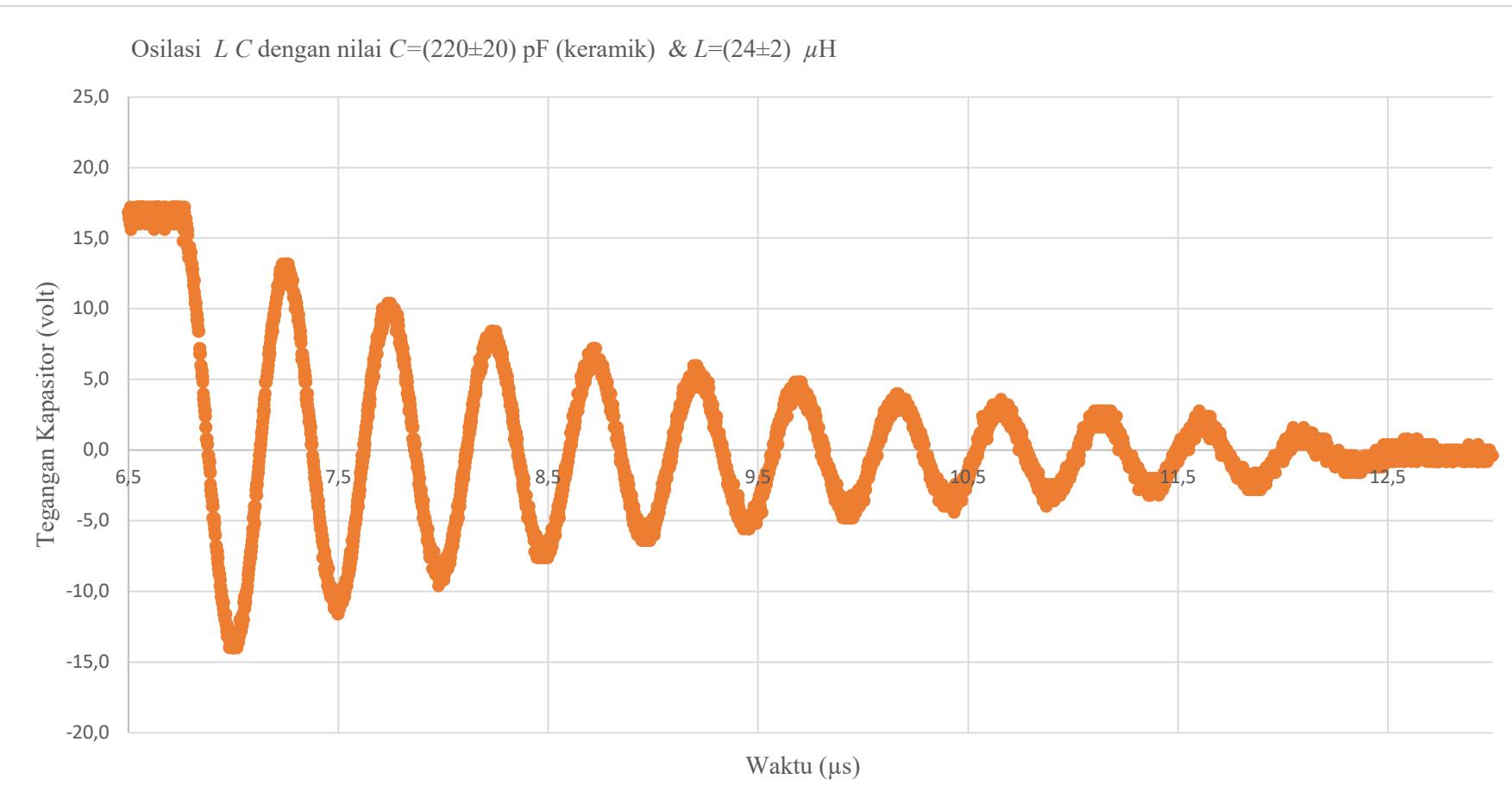
NO.	Tabel Puncak dan Lembah																	
	Waktu			Lembah bawah			Frekuensi atas			Waktu			Puncak atas			Frekuensi Bawah		
	μs		volt		MHz		μs		volt		MHz							
1	0,0000	\pm	0,0003	18,8	\pm	0,2	1,681	\pm	0,002	0,0000	\pm	0,0003	17,2	\pm	0,2	1,766	\pm	0,002
2	0,5950	\pm	0,0003	15,6	\pm	0,2	1,677	\pm	0,002	0,5663	\pm	0,0003	14,8	\pm	0,2	1,684	\pm	0,002
3	1,1913	\pm	0,0003	13,2	\pm	0,2	1,770	\pm	0,002	1,1600	\pm	0,0003	12,8	\pm	0,2	1,724	\pm	0,002
4	1,7563	\pm	0,0003	11,2	\pm	0,2	1,735	\pm	0,002	1,7400	\pm	0,0003	10,4	\pm	0,2	1,751	\pm	0,002
5	2,3325	\pm	0,0003	10,0	\pm	0,2	1,774	\pm	0,002	2,3112	\pm	0,0003	9,2	\pm	0,2	1,691	\pm	0,002
6	2,8963	\pm	0,0003	8,8	\pm	0,2	1,674	\pm	0,002	2,9025	\pm	0,0003	7,6	\pm	0,2	1,717	\pm	0,002
7	3,4938	\pm	0,0003	7,6	\pm	0,2	1,758	\pm	0,002	3,4850	\pm	0,0003	6,4	\pm	0,2	1,786	\pm	0,002
8	4,0625	\pm	0,0003	6,4	\pm	0,2				4,0450	\pm	0,0003	5,2	\pm	0,2			

Data karakteristik C & L .

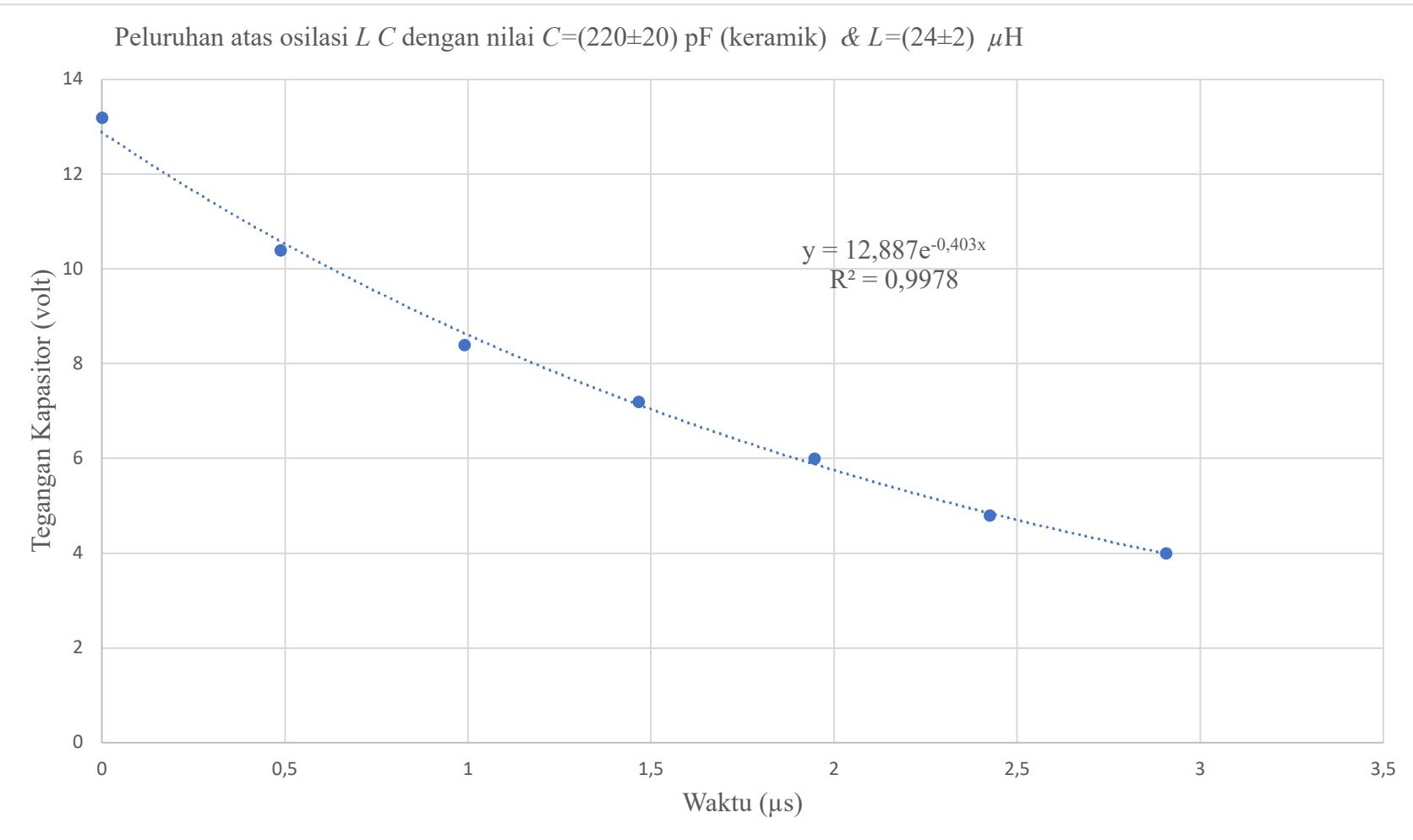
Nilai kapasitansi= $(1,0 \pm 0,1) \text{ pF}$, $esrC=(18 \pm 1) \Omega$ pada frekuensi 100 kHz.

Nilai induktansi= $(9,2 \pm 0,2) \text{ } \mu\text{H}$, $esrL=(0,15 \pm 0,02) \Omega$ pada frekuensi 100 kHz.

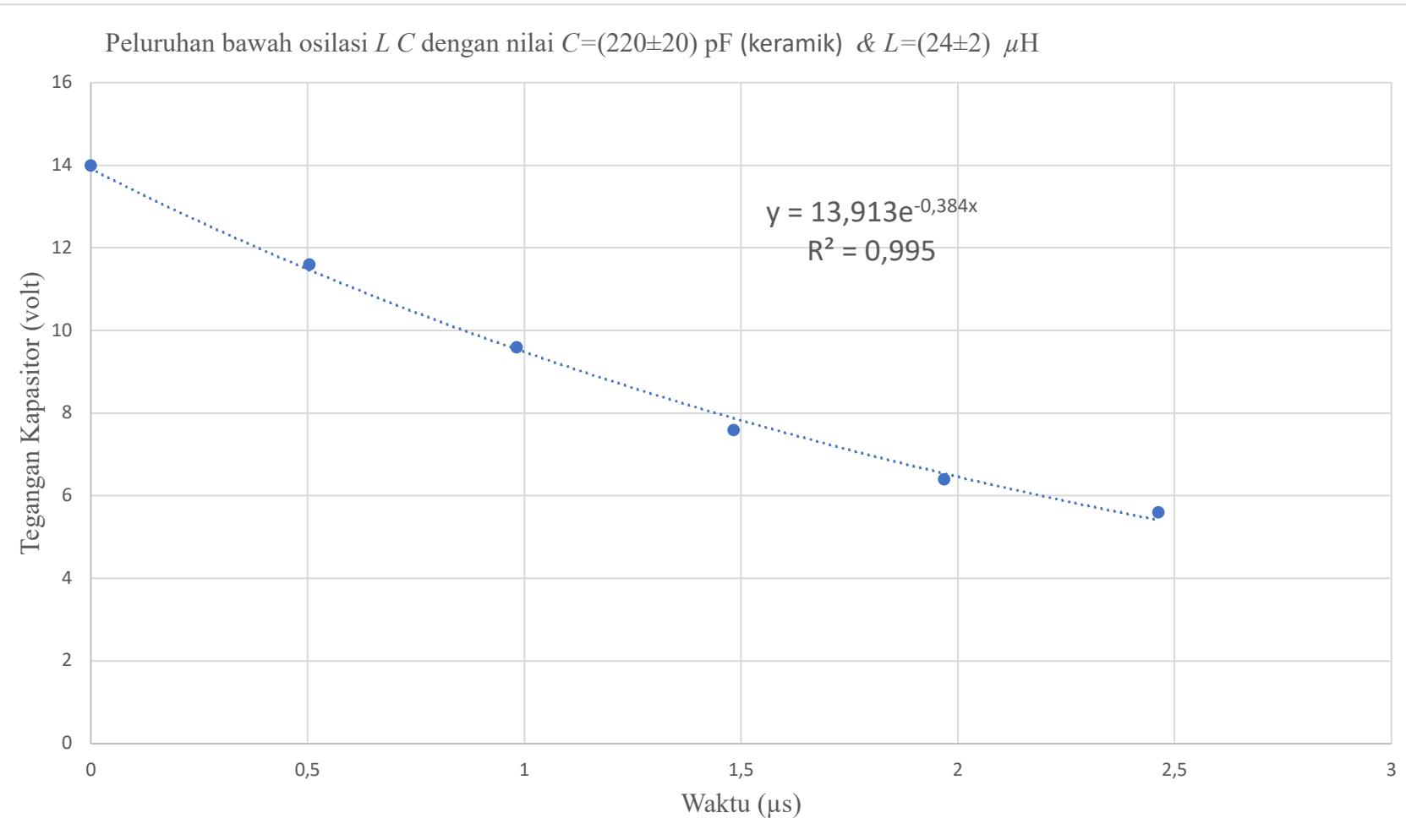
2. Data 2



Gambar 4.4. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm 20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm 2)$ μ H.



Gambar 4.5. Peluruhan atas osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm2)$ μ H.



Gambar 4.6. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm2)$ μ H.

Tabel 4.2. Puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm 20)$ pF (keramik) & $L=(24\pm 2)$ μ H.

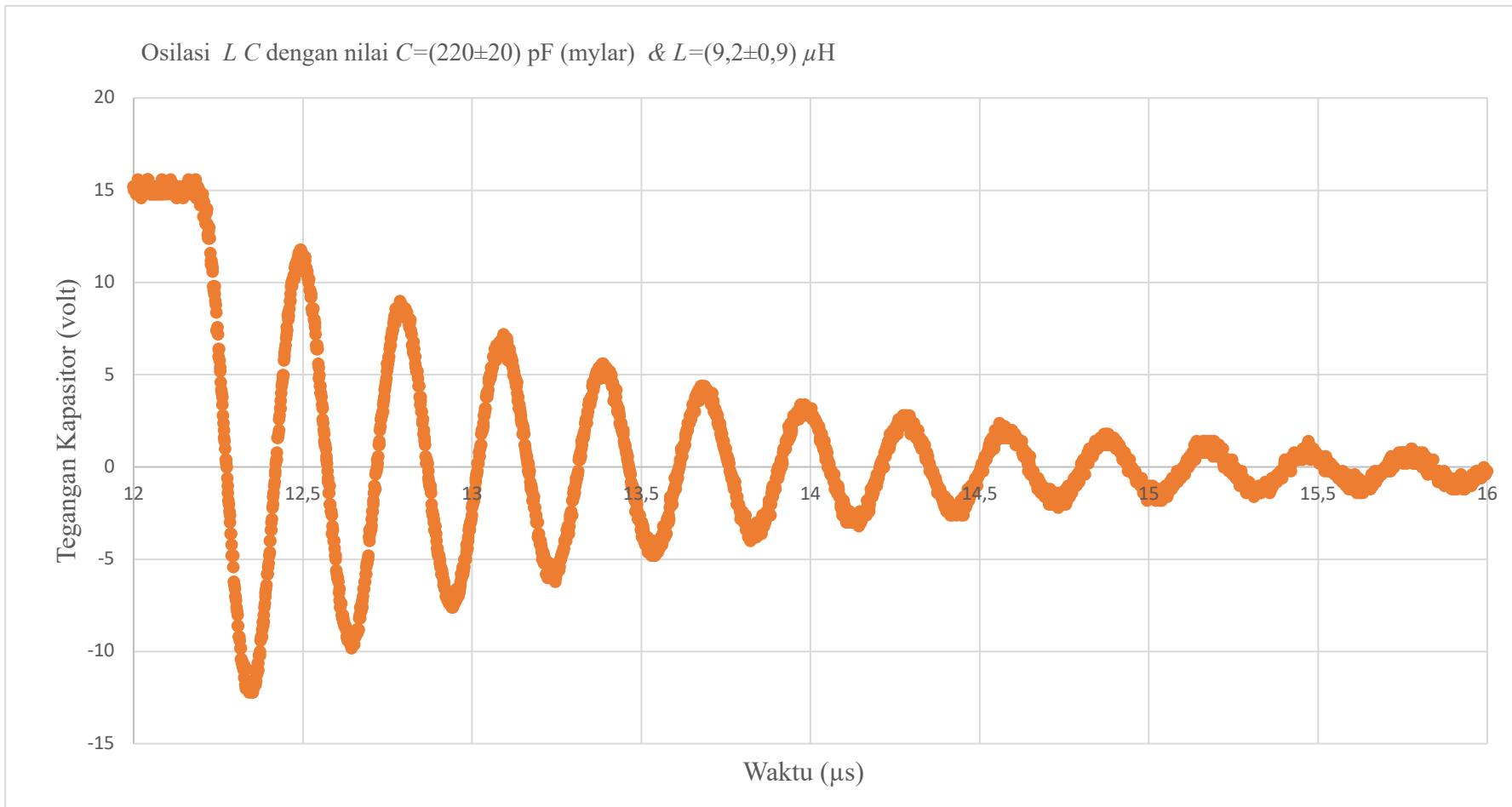
NO.	Tabel Puncak dan Lembah																	
	Waktu			Lembah bawah			Frekuensi atas			Waktu			Puncak atas			Frekuensi Bawah		
	μs		volt		MHz			μs		volt		MHz						
1	0,0000	\pm	0,0003	14	\pm	0,2	1,985	\pm	0,002	0,0000	\pm	0,0003	13,2	\pm	0,2	2,051	\pm	0,003
2	0,5038	\pm	0,0003	11,6	\pm	0,2	2,089	\pm	0,003	0,4875	\pm	0,0003	10,4	\pm	0,2	1,990	\pm	0,002
3	0,9825	\pm	0,0003	9,6	\pm	0,2	2,000	\pm	0,002	0,9900	\pm	0,0003	8,4	\pm	0,2	2,100	\pm	0,003
4	1,4825	\pm	0,0003	7,6	\pm	0,2	2,057	\pm	0,003	1,4663	\pm	0,0003	7,2	\pm	0,2	2,083	\pm	0,003
5	1,9688	\pm	0,0003	6,4	\pm	0,2	2,025	\pm	0,002	1,9463	\pm	0,0003	6,0	\pm	0,2	2,089	\pm	0,003
6	2,4625	\pm	0,0003	5,6	\pm	0,2				2,4250	\pm	0,0003	4,8	\pm	0,2	2,078	\pm	0,003
7										2,9062	\pm	0,0003	4,0	\pm	0,2			

Data karakteristik C & L .

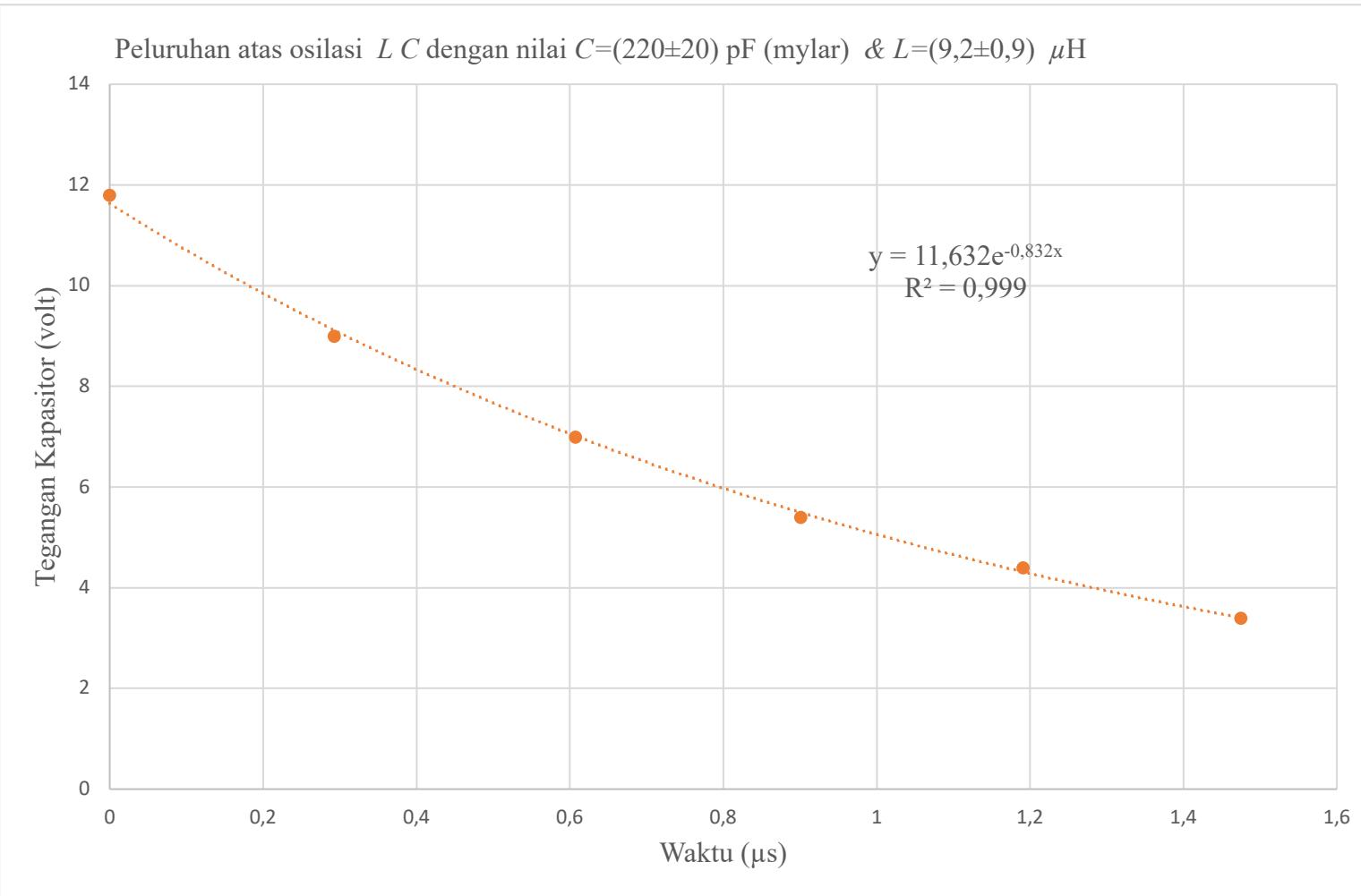
Nilai kapasitansi=(220 \pm 20) pF, $esrC=(130\pm 10)$ Ω pada frekuensi 100 kHz.

Nilai induktansi=(24 \pm 2) μ H, $esrL=(0.50\pm 0.05)$ Ω pada frekuensi 100 kHz.

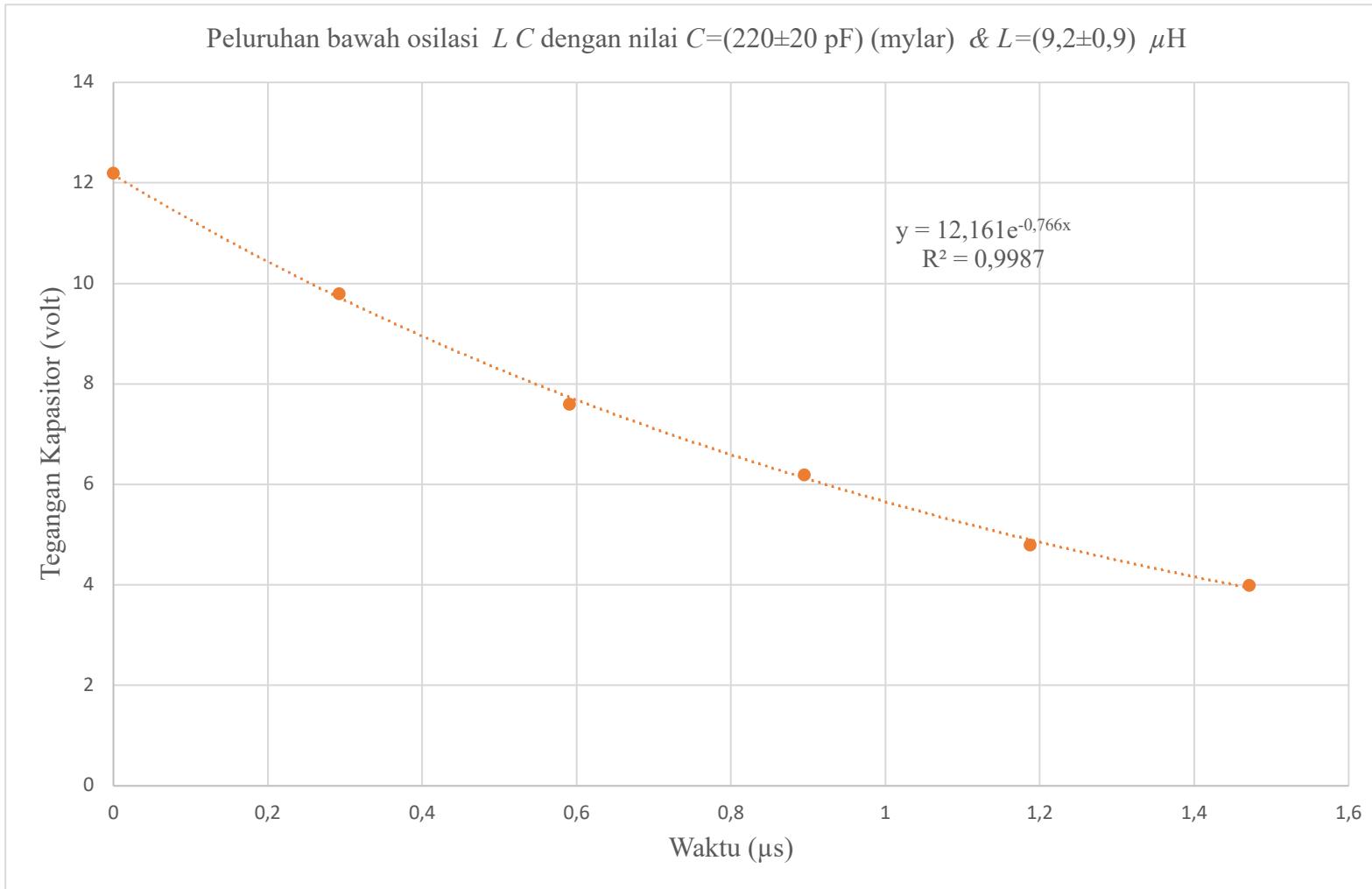
3. Data 3



Gambar 4.7. Osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H.



Gambar 4.8. Peluruhan atas osilasi LC dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H.



Gambar 4.9. Peluruhan bawah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H.

Tabel 4.3. Puncak dan lembah osilasi $L C$ dengan nilai $C=(220\pm20)$ pF (mylar) & $L=(9,2\pm0,9)$ μ H

NO.	Tabel Puncak dan lembah																	
	Waktu			Lembah bawah			Frekuensi atas			Waktu			Puncak atas			Frekuensi Bawah		
	μs		volt		MHz			μs		volt		MHz						
1	0,0000	\pm	0,0003	12,2	\pm	0,2	3,419	\pm	0,003	0,0000	\pm	0,0003	11,8	\pm	0,2	3,415	\pm	0,003
2	0,2925	\pm	0,0003	9,8	\pm	0,2	3,348	\pm	0,005	0,2928	\pm	0,0003	9,0	\pm	0,2	3,176	\pm	0,005
3	0,5912	\pm	0,0003	7,6	\pm	0,2	3,292	\pm	0,003	0,6077	\pm	0,0003	7,0	\pm	0,2	3,404	\pm	0,003
4	0,8950	\pm	0,0003	6,2	\pm	0,2	3,419	\pm	0,002	0,9015	\pm	0,0003	5,4	\pm	0,2	3,448	\pm	0,002
5	1,1875	\pm	0,0003	4,8	\pm	0,2	3,525	\pm	0,002	1,1915	\pm	0,0003	4,4	\pm	0,2	3,525	\pm	0,002
6	1,4712	\pm	0,0003	4,0	\pm	0,2				1,4752	\pm	0,0003	3,4	\pm	0,2			

Data karakteristik C & L .

Nilai kapasitansi=(220 \pm 20) pF, $esrC=(58\pm1)$ Ω pada frekuensi 100 Khz.

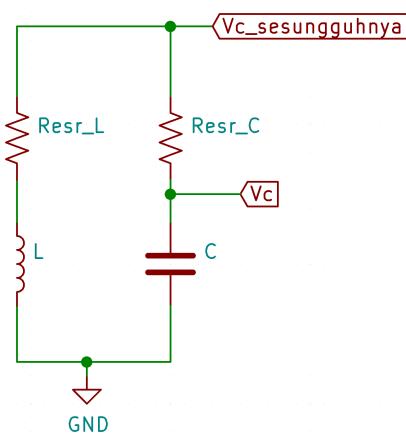
Nilai induktansi=(9,2 \pm 0,9) μ H, $esrL=(0.15\pm0.02)$ Ω pada frekuensi 100 Khz.

B. PEMBAHASAN

Pada grafik terlihat hasil osilasi $L C$ yang berbentuk mirip dengan bentuk sinusoid namun dengan amplitudo yang makin lama makin kecil. Redaman timbul akibat adanya energi yang hilang dalam sistem, dengan kata lain sistem mendisipasikan daya.

Amplitudo yang mengecil dalam grafik terlihat bahwa ia hampir mengikuti bentuk *fitting* eksponensial negatif, hal ini sudah diduga sebelumnya dalam model simulasi komputasi. Peristiwa di atas dimodelkan sebagai susunan rangkaian seri tertutup antara L, C dan R , walaupun dalam kenyataan tidak digunakan resistor secara eksplisit. Resistansi yang muncul dalam model adalah resistansi implisit atau resistansi internal dari masing masing komponen yang digunakan. Komponen kapasitor dan induktor menyumbang resistansi berbentuk *esr* (*equivalent series resistance*). Nilai *esr* tidak dapat langsung diukur dengan *ohm* meter biasa. Pengukuran *esr* dilakukan dengan bantuan alat ukur khusus yaitu *R, C and L meter analyzer*.

Model fisis dan matematis yang digunakan untuk melakukan perhitungan simulasi komputasi seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Model fisis $L C$

Model fisis di atas jika diubah menjadi model matematis menjadi persamaan berikut

$$V_c(t) + V_{esr_c}(t) + V_{esr_L}(t) + V_L(t) = 0 \quad (1)$$

dimana

$$V_c(t) = \frac{Q(t)}{C} ; V_{esr}(t) = i(t) \cdot (R_{esr_c} + R_{esr_L}) ; V_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad (2)$$

Dengan memanipulasi persamaan (1) dan (2) di atas maka didapatkan persamaan deferensial biasa orde 2 :

$$\frac{d^2V_c(t)}{dt^2} + \frac{R_{esr_c+L}}{L} \frac{dV_c(t)}{dt} + \frac{1}{LC} V_c(t) = 0 \quad (3)$$

Solusi eksak dari persamaan (3) adalah

$$V_c(t) = (A_1 \cos(b \cdot t) + A_2 \sin(b \cdot t)) e^{-at} \quad (4)$$

dimana b dan a diberikan oleh

$$b = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \quad (5)$$

$$a = \frac{R_{esr_c+L}}{2L} \quad (6)$$

A_1 dan A_2 memiliki nilai

$$A_1 = V_c(0) = V_{max} \text{ pengisian} \quad (7)$$

$$A_2 = \frac{\left(\frac{dV_c(0)}{dt} + \frac{R_{esr_c+L}}{2L} \right)}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (8)$$

Persamaan $V_c(t)$ di atas digunakan sebagai dasar model simulasi komputasi baik solusi eksak maupun numerik dengan metode Euler. Simulasi hanya dapat dilakukan jika syarat awal ditentukan sesuai dengan kejadian yang dilakukan. Selama penelitian nilai $V_c(0) =$ tegangan pengisian dari catu daya yang bernilai (24 ± 1) volt, namun hal ini menjadi tidak tepat karena di dalam kapistor terdapat

hambatan esr , maka nilai $V_c(0)$ akan diambil pada grafik hasil *data recorder*. Nilai $\frac{dV_c(0)}{dt}$ ditentukan melalui komputasi dengan mempertimbangkan grafik hasil.

Persamaan diskrit dibuat dari persamaan (3) yang akan digunakan untuk mencari solusi numerik dari V_c ke n dengan n adalah bilangan real positif

$$V_c(n+2) = (V_c(n+1). (2 - (h.P))) - (V_c(n). (1 - (h.P) + (h^2.F))) \quad (9)$$

dimana

$$P = \frac{R_{esr}}{L} \quad ; \quad F = \frac{1}{LC} ; \quad h = \text{step waktu yang dipilih}$$

Untuk mencari nilai $V_c(n+1)$ maka perlu dilakukan evaluasi pada syarat awal $\frac{dV_c(n)}{dt}$ sehingga $V_c(n+1) = V'_c(n) h + V_c(n)$

1. Nilai frekuensi

Tabel 4.4 Nilai Frekuensi Maksimum Minimum Serta Teoritis.

No	Identitas	Frekuensi maksimum (MHz)	Frekuensi minimum (MHz)	Frekuensi teoritis (MHz)		
1	Data 1	1,786	1,677	1,7	±	0,2
2	Data 2	2,100	1,985	2,1	±	0,2
3	Data 3	3,525	3,176	3,5	±	0,4

Nilai frekuensi hasil penelitian dihitung dengan cara mencari periode puncak ke puncak maupun lembah ke lembah. Nilai frekuensi teoritis dihitung dengan memanfaatkan persamaan (5) yang dimanipulasi sebagai berikut :

$$2\pi f = b = \sqrt{\frac{1}{Lc} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Terlihat frekuensi hasil pengukuran dan frekuensi teoritis tidak jauh berbeda, walaupun pada kenyataan frekuensi hasil penelitian tidak konstan dari puncak ke puncak. Sebab tidak konstannya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

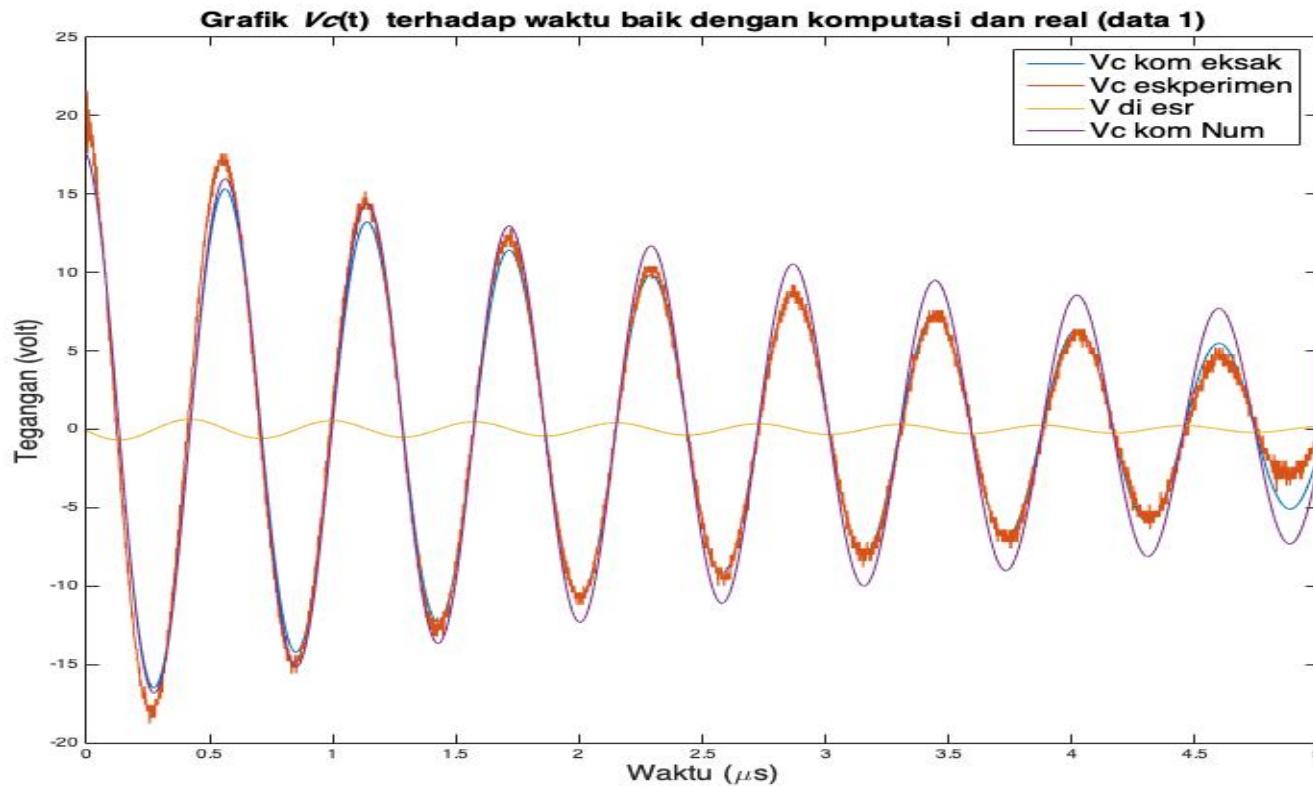
2. Nilai peluruhan

Tabel 4.5. Nilai Peluruhan Nyata Berbanding dengan Teori.

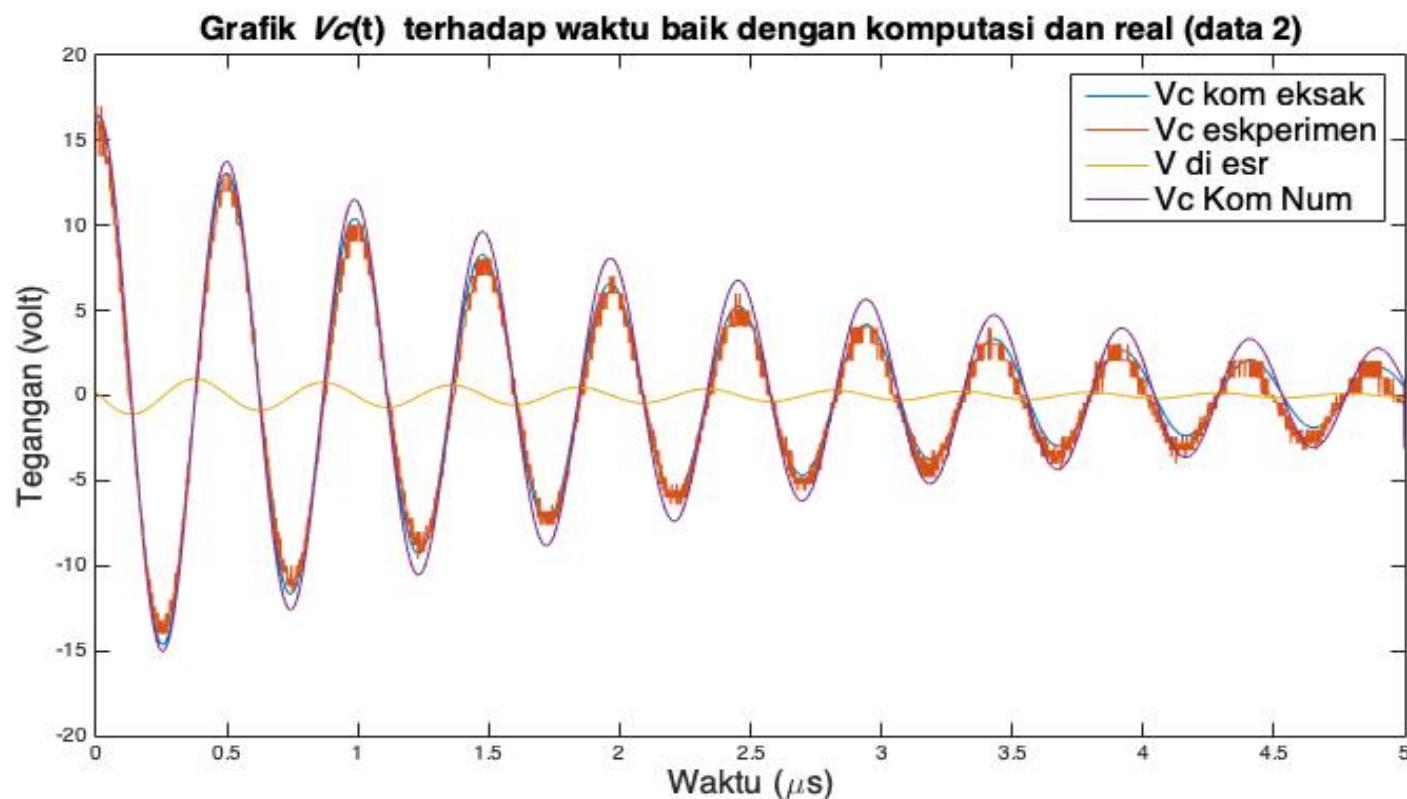
NO	Indentitas	Peluruhan			L (μ H)		R (Ω)			Peluruhan teoristik			Δ	
1	Data 1 A	-0,29	\pm	-0,06	9,2	\pm	0,9	18	\pm	2	-1,0	\pm	-0,2	0,68826087
	Data 1 B	-0,26	\pm	-0,05	9,2	\pm	0,9	18	\pm	2	-1,0	\pm	-0,2	0,71826087
2	Data 2 A	-0,40	\pm	-0,08	24	\pm	2	130	\pm	10	-2,7	\pm	-0,5	2,308333333
	Data 2 B	-0,38	\pm	-0,08	24	\pm	2	130	\pm	10	-2,7	\pm	-0,5	2,328333333
3	Data 3 A	-0,8	\pm	-0,2	9,2	\pm	0,9	58	\pm	1	-3,2	\pm	-0,3696	2,320173913
	Data 3 B	-0,8	\pm	-0,2	9,2	\pm	0,9	58	\pm	1	-3,2	\pm	-0,3696	2,386173913

Fitting grafik puncak-puncak dan lembah-lembah yang telah dibuat menghasilkan nilai konstanta peluruhan. Nilai peluruhan mengacu pada persamaan eksak yang telah diturunkan yang seharusnya bernilai $-\frac{R}{2L}$ tiap waktu. Pada hasil grafik dapat dilihat adanya perbedaan nilai peluruhan antara peluruhan atas dan bawah akibat data tidak simetris terhadap sumbu x . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadi kesalahan besar perhitungan nilai peluruhan dengan kenyataan, hal ini disebabkan nilai *esr* bergeser. Pada perhitungan di atas nilai *esr* yang digunakan adalah nilai *esr* yang diukur pada frekuensi 100 kHz, bukan pada frekuensi osilasi berada. Hal ini pada pembahasan selanjutnya akan diulang dengan menggunakan nilai *esr* hasil komputasi dan akan dibandingkan dengan nilai asli penelitian.

3. Hasil Komputasi

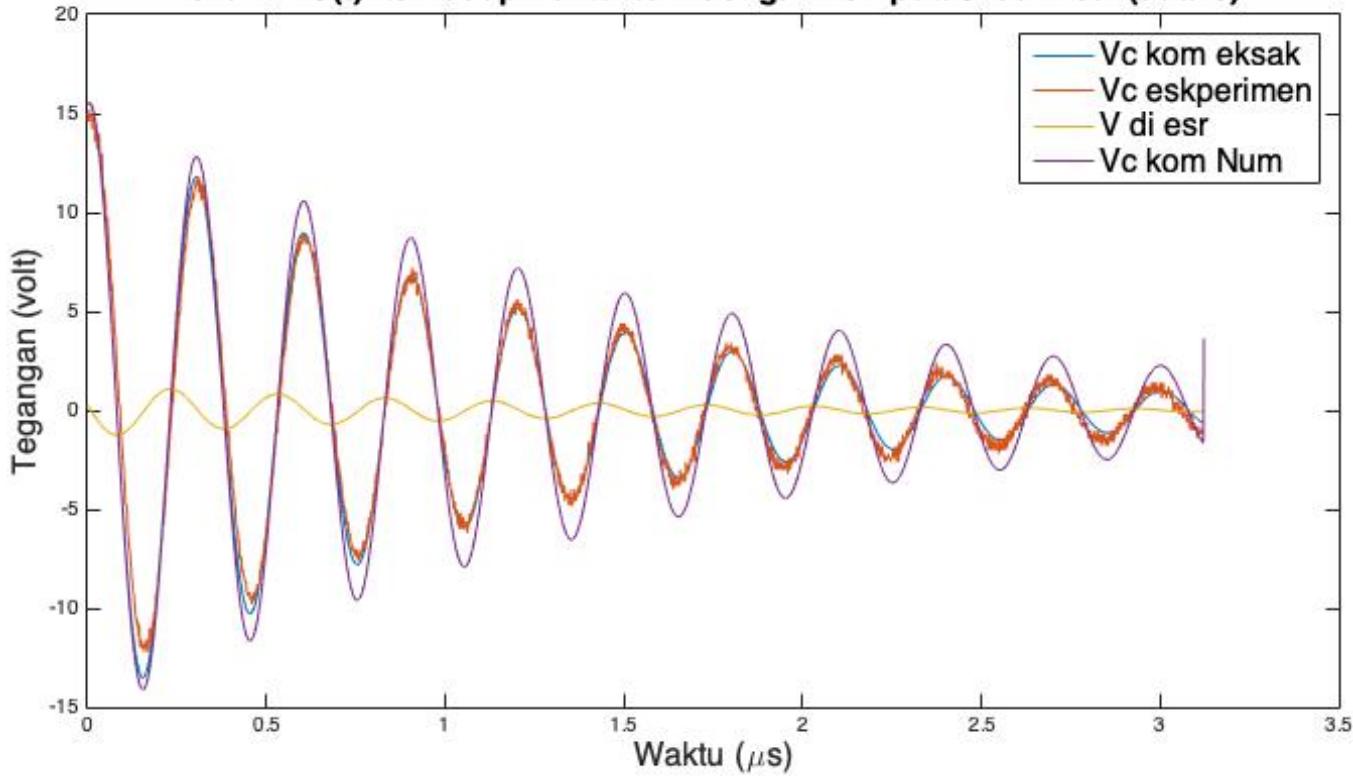


Gambar 4.11. Grafik hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 1



Gambar 4.12. Grafik hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 2

Grafik $V_c(t)$ terhadap waktu baik dengan komputasi dan real (data 3)



Gambar 4.13. Grafik hasil komputasi $V_c(t)$ untuk data 3

Tabel 4.6. Data Nilai $esr L$ dan C pada Saat Proses Komputasi.

NO	Indentitas	RL (Ω)	RC (Ω)	L (μH)	C (pF)	Nilai peluruhan komputasi	Nilai perulahan nyata			mse eksak (volt^2)	mse numerik (volt^2)
1	Data 1	0,697	4,009	9,2387	910,89	-0,2547	-0,27	\pm	-0,03	0,8532	2,4558
2	Data 2	0,5	23,2	25,4	238,01	-0,4665	-0,39	\pm	-0,01	0,5098	1,5423
3	Data 3	0,3	17,1	9,476	239,84	-0,918	-0,8	\pm	-0,2	0,4052	1,7566

Data di atas adalah data yang dihasilkan saat proses komputasi. Proses komputasi dilakukan dengan cara meminimalkan nilai mse (*mean square error*). Nilai mse yang semakin kecil berarti data $esr L$ dan C yang didapat hampir mendekati kenyataan sesuai kondisi penelitian. Satuan mse adalah *volt* kuadrat, didapat dari selisih tegangan kapasitor asli dikurangi dengan tegangan kapasitor komputasi kemudian dikuadratkan dan dirata-rata.

Pada penelitian kali ini nilai mse terbesar adalah pada data 1, yang berarti model untuk data 1 kurang baik dibanding model untuk data-data lain. Selisih rata-rata perdatanya 0,923 volt, ini berarti hasil komputasi dapat melenceng naik maupun turun sebesar 0,923 volt untuk solusi eksak dan lebih besar untuk solusi numerik.

Tabel 4.7 Nilai Frekuensi Maksimum Minimum Serta Teoritis Hasil Komputasi

No	Identitas	Frekuensi maksimum (MHz)	Frekuensi minimum (MHz)	Frekuensi teoritis (MHz)		
1	Data 1	1,786	1,677	1,7	\pm	0,2
2	Data 2	2,100	1,985	2,0	\pm	0,2
3	Data 3	3,525	3,176	3,3	\pm	0,3

Hasil komputasi esr L dan C digunakan untuk menghitung ulang nilai frekuensi teoritis. Nilai frekuensi teoritis untuk data 1 hampir tidak ada perubahan yang nyata disebabkan nilai esr pada C yang dahulunya pada perhitungan sebelumnya 18Ω menjadi 4Ω . Walaupun berubah namun sumbangannya nilai esr keberubahnya frekuensi tidaklah besar bila dibandingkan jika nilai L C yang berubah. Pada data 2 dan 3 berubahnya nilai frekuensi sangatlah terlihat (lihat Tabel 4.4 dan Tabel 4.7); sebab utama berubahnya adalah bergesernya nilai esr L dan C yang cukup signifikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil mempelajari osilasi teredam pada rangkaian $L C$ dapat disimpulkan pentingnya model L dan C dengan adanya *equivalent series resistance(esr)* untuk komponen C dan L , karena jika tanpa *esr* osilasi yang terbentuk seharusnya tidak teredam. Model komponen dengan adanya *esr* membuat sistem permodelan menjadi mendekati kenyataan yang sesungguhnya (dapat dilihat pada Gambar 4.11 hingga 4.12). Tanpa adanya R secara eksplisit, osilasi $L C$ sudah teredam akibat adanya *esr* dari masing-masing komponen.

Dari hasil mempelajari pergeseran frekuensi karakteristik pada rangkaian $L C$ dapat disimpulkan bahwa frekuensi tergantung pada nilai $L C$ dan *esr*. Sumbangsih perubahan frekuensi terbesar adalah tergantung nilai $L C$.

B. SARAN

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan antara lain model belum optimal karena nilai *mean square error* belum mendekati nol sehingga di penelitian selanjutnya diharap dapat dimodelkan ulang dengan harapan model baru bisa lebih dekat dengan kenyataan. Perlunya dimodelkan nilai perubahan *esr* terhadap berubahnya frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, R. B. 1921. Damped Electric Oscillation. *American Physical Society* XVII(4):482-492.
- Andronov, A. A. V., Khaikin, S. E. 1966. *Theory of Oscillator*. New York: Pergamon Press.
- Beasley, J. F., Miller, G. M., 2014. *Modern Electronic Communication* 9th ed. New York: Pearson.
- Cao, Q., Léger, A. 2017. *A Smooth and Discontinuous Oscillator: Theory, Methodology and Applications*. Berlin: Springer-Verlag
- Carr, J. J. 2002. *RF Components and Circuits*. New York: Newnes
- Eggleston, D. L. 2011. *Basic Electronics for Scientists and Engineers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goodge, M. 1990. *Analog Electronics Analysis and Design*. New York: Macmillan.
- Gottlieb, I. M. 1998. *Practical oscillator handbook*. New York: Newnes. 292 pp.
- Horowitz, P., Hill, W. 2015. *The Art of Electronics*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Karim, J., Alam, A. H. M. Z., Nordin, N. 2014. MEMS-Based Oscillator. *IIUM Engineering Journal*, XV (1).
- Razavi, B. 1988. *RF Microelectronics*. New York: Prentice Hall.
- Schultz, M. E. 2011. *Grob's Basic Electronics*. 11th ed. New York: Mc Graw Hill
- Smith, W. F. 2010. *Waves and Oscillations: A Prelude to Quantum Mechanics*. London: Oxford University Press.
- Soliman, A. M. 2013. Two integrator loop quadrature oscillators: A review. *Journal of Advanced Research* 4(1): 1-11
- Tang, J.V.D., Kasperkovitz, D. 2003. *High-frequency oscillator design for integrated transceivers*. New York: Kluwer Academic Publishers 748-6221
- Tipler, P.A., Mosca, G. 2007. *Physics for Scientists and Engineers*. New York: W. H. Freeman.

Westra, J. R., Verhoeven, C. J. M., van Roermund, A. 1999. *Oscillators and Oscillator Systems: Classification, Analysis and Synthesis*. Berlin: Springer-Verlag