



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DAN RANCANG BANGUN RANGKAIAN
PENGUAT PADA SISTEM TRANSFER DAYA TANPA KABEL**

SKRIPSI

NUGROHO DWI RETRI VIANTO

06 06 07 42 24

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK**

JUNI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DAN RANCANG BANGUN RANGKAIAN
PENGUAT PADA SISTEM TRANSFER DAYA TANPA KABEL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

NUGROHO DWI RETRI VIANTO

06 06 07 42 24

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK**

JUNI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Nugroho Dwi Retri Vianto

NPM : 06 06 07 42 24

Tanda Tangan :

Tanggal : 14 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Nugroho Dwi Retri Vianto

NPM : 0606074224

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi :

ANALISA DAN RANCANG BANGUN RANGKAIAN PENGUAT PADA SISTEM TRANSFER DAYA TANPA KABEL

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.-Ing Eko Adhi Setiawan ()

Pembimbing II : Dr.Ir. Uno Bintang Sudibyo D.E.A, I.P.M ()

Penguji : Aji Nur Widyanto ST.MT ()

Ditetapkan di :
Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Berkah dan rahmat-Nya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Tanpa bantuan dari berbagai pihak dalam menyusun skripsi ini, saya rasa akan sangat sulit bagi saya untuk dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam penulisan skripsi ini.

- (1) Dr.-Ing Eko Adhi Setiawan, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu saya menyusun skripsi ini.
- (2) Dr. Ir. Uno bintang Sudibyoy, selaku dosen pembimbing kedua yang meluangkan waktu dan tenaga dalam mengoreksi dan memberikan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini
- (3) Michael Octora dan Helmy Kautsar dalam Tim *Wireless Power Transfer* yang telah berjuang bersama dalam membuat rancang bangunan alat
- (4) Pihak Laboratorium Tenaga Listrik, laboratorium Elektronika dan Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Universitas Indonesia yang telah bersedia meminjamkan peralatan yang dibutuhkan dan telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan
- (6) kepada seluruh anggota keluarga saya yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara material dan moral

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 3 Mei 2010

Nugroho Dwi R.V

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nugroho Dwi Retri Vianto

NPM : 0606074224

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISA DAN RANCANG BANGUN RANGKAIAN PENGUAT PADA SISTEM TRANSFER DAYA TANPA KABEL

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama dalam tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Tanggal : 14 Juni 2010

Yang menyatakan,

Nugroho Dwi Retri Vianto

ABSTRAK

Nama : Nugroho Dwi Retri Vianto
Program Studi : Teknik Elektro
Judul :

ANALISA DAN RANCANG BANGUN RANGKAIAN PENGUAT PADA SISTEM TRANSFER DAYA TANPA KABEL

Dalam penulisan skripsi ini akan dibahas mengenai rancang bangun rangkaian penguat dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel berdasarkan prinsip induksi resonansi elektromagnetik. Dalam prinsip resonansi elektromagnetik, sistem yang telah terbentuk tidak dibatasi oleh jumlah alat, namun oleh frekuensi dan jangkauan. Jangkauan dari sistem ini sangatlah vital dalam aplikasi sistem tersebut. Karena jangkauannya yang sangat terbatas, berbagai usaha dilakukan untuk dapat memperluas jangkauannya. Dalam skripsi ini, dirancanglah sebuah rangkaian penguat untuk diaplikasikan dalam sistem dengan tujuan agar dapat menambah jangkauan pengiriman. Dan dari rangkaian tersebut akan dilakukan analisa mengenai rangkain tersebut dan aplikasinya dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel

Kata Kunci : Induksi, resonansi elektromagnetik, pengiriman daya listrik tanpa kabel, rangkaian penguat,

ABSTRACT

Name : Nugroho Dwi Retri Vianto
Study Program : Electrical Engineering
Tittle :

ANALYSIS AND DESIGN OF AN AMPLIFIER CIRCUIT FOR WIRELESS POWER TRANSFER SYSTEM

In this paper is discussed about an amplifier circuit design in Wireless Power Transfer based on electromagnetic resonance. In the electromagnetic resonance, the system is not limited by the number of device, but by the frequency and range. The range of this system is vital in the applicatios. However, because the coverage is very limited, various attempts were made to be able to expand its reach. In this paper, an amplifier circuit designed to be applied in the system with the goal to be able to increase the coverage of the system. And this amplifier circuit will be analysed for it's application in the system of Wireless Power Transfer

Keywords : Induction, electromagnetic resonance, wireless power transfer, amplifier circuit

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metodologi Penulisan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Pengiriman Daya Listrik Tanpa Kabel	5
2.2 Induksi Elektromagnetik	7
2.3 Prinsip Resonansi	10
2.4 Prinsip Resonansi Elektromagne	11
2.5 Rangkaian LC	13
BAB III RANCANG BANGUN DAN PERCOBAAN	15
3.1 Percobaan awal <i>Wireless Power Transfer</i>	15
3.2 Rancang bangun prototype <i>Wireless Power Transfer</i>	17
3.3 Prinsip rangkaian penguat	19
3.4 Rancang bangun rangkaian penguat	20
3.5 <i>Tuning</i> frekuensi pada rangkaian penguat	24
3.3.1 Frekuensi rangkaian penguat = frekuensi sistem	25
3.3.2 Frekuensi rangkaian penguat > frekuensi sistem	26

3.6 Percobaan	26
3.6.1 Percobaan I : Jarak (Tx-Rx) Konstan	28
3.4.2 Percobaan II : Jarak Maksimum	29
BAB IV ANALISIS HASIL PERCOBAAN	32
4.1 Langkah menganalisa masing-masing percobaan	32
4.2 Analisa Percobaan I	32
4.2.1 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{1}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 7,5 cm	33
4.2.2 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{1}{2}$ jarak $T_X - R_X$ atau 15 cm	35
4.2.3 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{3}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 22,5 cm	37
4.3 Analisa Percobaan II	39
BAB V KESIMPULAN	42
DAFTAR ACUAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 1.1 Pemancar daya listrik yang digunakan sebagai sumber daya alat-alat elektronik di sekitarnya ^{[7][8]} .	2
Gambar. 1.2 Pemancar daya listrik yang digunakan sebagai sumber daya dari kendaraan listrik/Hibrid.	3
Gambar. 2.1 Kabel yang banyak berseliweran dinilai mulai mengganggu ^{[9][10]}	6
Gambar. 2.2. Gambar skematik trafo ^[4]	6
Gambar. 2.3 Percobaan Oersted membuktikan bahwa kawat berarus dapat mempengaruhi kompas.	7
Gambar.2.4 Percobaan Faraday	7
Gambar.2.5 Medan magnet yang menembus bidang dA akan menghasilkan fluks ⁸	8
Gambar 2.6. Arah GGL Induksi	9
Gambar.2.7. Kaidah Tangan Kanan	10
Gambar.2.8 Resonansi akustik pada garpu tala	11
Gambar.2.9 Gelombang Elektromagnet	12
Gambar. 2.10 Resonansi elektromagnetik antara keempat kumparan menghasilkan satu sistem resonansi	13
Gambar.2.11Rangkaian LC	13
Gambar.3.1 Sistem pengiriman energi listrik tanpa kabel	15
Gambar.3.2 (a) <i>Try and error</i> pada rangkaian pengirim (b) Rangkaian <i>prototype</i> beserta <i>loop</i> pengirim (c) Frekuensi pada <i>loop</i> keluaran	16
Gambar. 3.3 Rangkaian Ekuivalen <i>Wireless Power Transfer</i>	17
Gambar. 3.4 <i>Prototype Wireless Power Transfer</i>	18
Gambar. 3.5 Resonansi dalam sistem <i>Wireless Power Transfer</i> dengan ranangkaian penguat	21
Gambar. 3.6 Optimalisasi kerja rangkaian penguat	21
Gambar. 3.7 Rangkaian ekuivalen dari rangkaian penguat	22
Gambar. 3.8 Rangkaian Ekuivalen dari <i>Wireless Power Transfer</i> dengan rangkaian Penguat	23
Gambar. 3.9 Rangkaian penguat	23

Gambar. 3.10 Aplikasi rangkaian penguat ke dalam sistem	24
Gambar. 3.11 Gambar rangkaian penguat	27
Gambar. 3.12 (a) Percobaan I.a (b) Percobaan I.b (c) Percobaan I.c	28
Gambar. 3.13 Percobaan II tanpa menggunakan rangkaian penguat	30
Gambar. 3.14 Percobaan II setelah ditambahkan rangkaian penguat	31
Gambar. 4.1 Grafik percobaan I.a	33
Gambar. 4.2 Pengambilan data percobaan I.a.	34
Gambar. 4.3 Grafik percobaan I.b	35
Gambar. 4.4 Pengambilan data percobaan I.b	36
Gambar. 4.5 Grafik percobaan I.c	37
Gambar. 4.6 Pengambilan data percobaan I.c	38
Gambar. 4.6 grafik percobaan II	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Percobaan I.a	45
Lampiran 2	Data Percobaan I.b	45
Lampiran 3	Data Percobaan I.c	46
Lampiran 4	Data Percobaan II	46



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian tentang transfer energi melalui udara atau *nirkabel* sudah dimulai sejak awal abad ke-20. Penelitian-penelitian ini dilakukan oleh Heinrich Hertz dan Nikola Tesla. Kedua ilmuwan ini melakukan riset mengenai transfer energi nirkabel namun dengan tingkat energi yang berbeda. Dimana Heinrich hertz menekankan pada transfer energi dengan tingkat energi yang kecil pada frekuensi radio (RF) untuk keperluan transfer data atau telekomunikasi dari satu lokasi ke lokasi yang lain melalui jaringan nirkabel. Sedangkan Nikola Tesla melakukan riset mengenai transfer energi dengan tingkat energi yang lebih tinggi dengan tujuan menggantikan jaringan kabel transmisi dimasa itu. Namun penelitannya dihentikan dikarenakan adanya ketakutan akan bahaya yang dapat ditimbulkan dari transmisi nirkabel dengan tegangan yang sangat tinggi.

Seiring perkembangan jaman dimana peralatan elektronik makin berkembang dan beraneka ragam. Alat-alat eketronik yang sedauhulunya adalah alat yang sifatnya statis dan tidak untuk digunakan berpindah-pindah, sekarang menjadi berpindah-pindah atau mobile (handphone, PDA, Laptop, pemutar musik) yang memerlukan baterai sebagai penyedia energi sehingga harus dilakukan pengisian secara periodik. Dan dikarenakan sifatnya yang *mobile*, akan menjadi sangat tidak efisien jika dalam hal pengisian dayanya, pengguna haruslah berada di dekat sumber listrik dan dibatasi dengan penggunaan kabel. Untuk menghilangkan ketidak efisienan ini, diharapkan dapat dibangun sebuah sistem sehingga peralatan-peralatan yang bersifat *mobile* tersebut akan tetap dapat memperoleh energi listrik dimanapun tanpa harus mendekati ke sumber listrik dan tidak lagi dibatasi oleh keberadaan kabel sebagai penyalur energi listriknya.

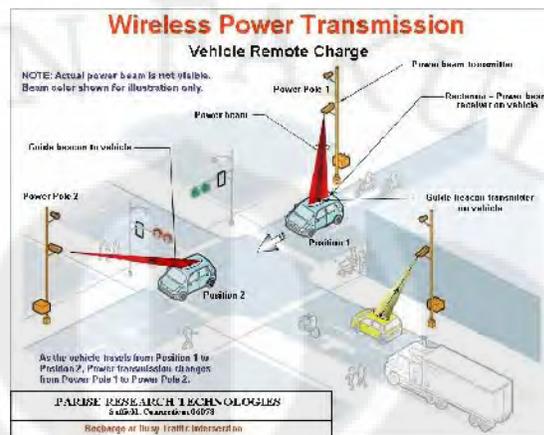
Akibatnya, penelitian yang dilakukan oleh Nikola Tesla kembali menjadi subyek yang populer di kalangan peneliti. Dimana transfer nya listrik secara nirkabel yang dahulu dianggap tidak penting dan hanya mimpi, saat ini menjadi suatu subyek ilmu yang sangat menarik untuk dikembangkan. Penelitian tentang

pengiriman daya tanpa kabel ini dilakukan di berbagai level daya. Dimulai daya rendah, menengah hingga tinggi. Namun pengiriman pada level daya rendah menjadi yang paling populer akibat makin banyaknya peralatan elektronik yang bersifat *mobile*, dan banyak peralatan elektronik yang akan makin praktis apabila dapat dioperasikan secara nirkabel meskipun peralatan tersebut bukan tipe yang *mobile*. Dan kami yakin, hasil dari penelitian tentang pengiriman daya listrik tanpa kabel ini akan menjadi vital dimasa mendatang.

Diharapkan, dengan adanya sistem ini, ketidakefisienan kabel dapat dihilangkan. Sehingga dapat dibentuk suatu kondisi dimana terdapat beberapa peralatan terhubung secara nirkabel dimana salah satu alat tersebut bertindak sebagai sumber energi listrik bagi peralatan yang lainnya. Sebagai implementasi, dapat dibuat sebuah pemancar energi listrik yang digunakan sebagai sumber daya atau pengisi baterai dari berbagai alat-alat baik berupa peralatan elektronik baik statis maupun *portable* yang ada di dalam jangkauannya ^{[1][7][8]}. Sebagai aplikasi nyata, dimasa mendatang dapat kita buat suatu sistem dimana di dalam rumah terdapat 1 pemancar energi listrik yang dapat menyuplai daya pada berbagai peralatan yang ada di dalam rumah. Atau untuk aplikasi yang lebih luas, kita dapat membangun beberapa pemancar pada daerah perkotaan yang dimanfaatkan sebagai sarana pengisian daya bagi kendaraan yang menggunakan teknologi hybrid maupun kendaraan listrik yang berada di sekitarnya.



Gambar. 1.1 Pemancar daya listrik yang digunakan sebagai sumber daya alat-alat elektronik di sekitarnya^{[7][8]}.



Gambar. 1.2 Pemancar daya listrik yang digunakan sebagai sumber daya dari kendaraan listrik/Hibrid.

1.2 Tujuan Penulisan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah rangkaian tambahan yang berfungsi sebagai penguat pada sistem pengiriman daya daya listrik tanpa kabel (*Wireless Power Transfer*) berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang telah dibuat sebelumnya, dimana alat tersebut terdiri dari sebuah sumber / pengirim daya berfrekuensi tinggi dan sebuah penangkap / penerima daya yang mampu menangkap daya pada frekuensi tinggi. Dalam konteks transfer energi, alat yang kami bangun tergolong teknologi paling baru di Indonesia, sehingga masih perlu dilakukan peningkatan performa dari alat tersebut. Dan tujuan utama dari skripsi ini adalah untuk meningkatkan performa dari alat tersebut dengan menambahkan sebuah rangkaian baru yaitu sebuah rangkaian tambahan yang berfungsi sebagai penguat untuk memperoleh nilai tegangan yang lebih tinggi pada sisi penerima dari alat tersebut.

1.2. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada perancangan dan pembuatan rangkaian tambahan berupa rangkaian penguat pada sistem pengiriman daya listrik tanpa

kabel atau *Wireless Power Transfer*, serta menganalisis pengaruh perubahan nilai kapasitansi pada rangkaian penguat terhadap besar tegangan keluaran yang diterima oleh rangkaian penerima dan penambahan jarak yang dapat ditransfer dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel dengan daya rendah dan jarak kurang dari 1 meter.

1.3. Metodologi Penulisan

Metode penulisan yang digunakan pada skripsi ini adalah studi kepustakaan, pembuatan alat dan pengamatan data – data hasil percobaan pengukuran yang dilakukan di Laboratorium Pengukuran Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.

1.4. Sistematika Penulisan

Pada bab satu dijelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan, pada bab dua dijelaskan secara umum mengenai teori dasar yang digunakan dalam skripsi ini, yaitu definisi dan prinsip induksi elektromagnetik, prinsip resonansi, prinsip resonansi elektromagnetik, prinsip transfer daya melalui induksi resonansi magnet, pada bab tiga dijelaskan mengenai prinsip kerja dari sistem *Wireless Power Transfer* yang kami rancang, percobaan-percobaan awal serta pembuatan *prototype*-nya. Lalu dijelaskan juga tentang prinsip rangkaian penguat, rancang bangun rangkaian penguat, dan percobaan-percobaan yang dilakukan, bab empat dijelaskan mengenai analisis dari hasil percobaan yang dilakukan pada bab tiga, bab lima merupakan kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan pada bab – bab sebelumnya.

BAB 2

TEORI DASAR

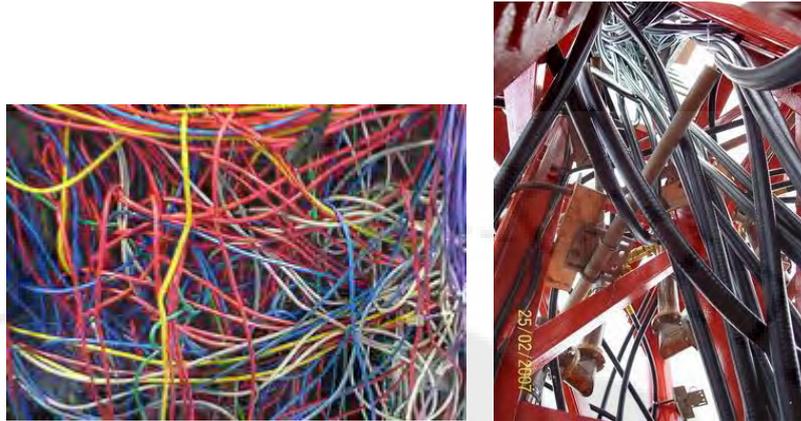
2.1. Pengiriman Daya Listrik Tanpa Kabel

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam pengiriman daya listrik, diperlukan suatu media untuk dapat mengirimkan daya dari sisi sumber ke sisi beban. Dan selama ini kita menggunakan bahan-bahan logam (terutama tembaga) yang banyak dikenal sebagai konduktor yang baik untuk media untuk mengirimkan daya listrik tersebut. Bahan logam tersebut dirancang sebaik dan seaman mungkin untuk dapat menghantarkan daya listrik dari sisi sumber ke beban. Namun seiring berkembangannya jaman, manusia melihat keberadaan kabel menjadi mengganggu dan mulai mencari cara untuk menggantikan peranan kabel sebagai media pengiriman daya.

Dan memang benar bahwa cara tersebut bukanlah satu-satunya cara untuk mengirimkan daya, terdapat pula cara yang lebih praktis, yaitu pengiriman daya listrik secara nirkabel atau *wireless*. Udara tergolong sebagai material isolator atau tidak dapat menghantarkan energi listrik. Untuk itu diperlukan cara-cara khusus untuk dapat menembus material isolator tersebut sehingga kita dapat menghantarkan energi listrik secara nirkabel meskipun terpisah oleh udara sebagai isolator.

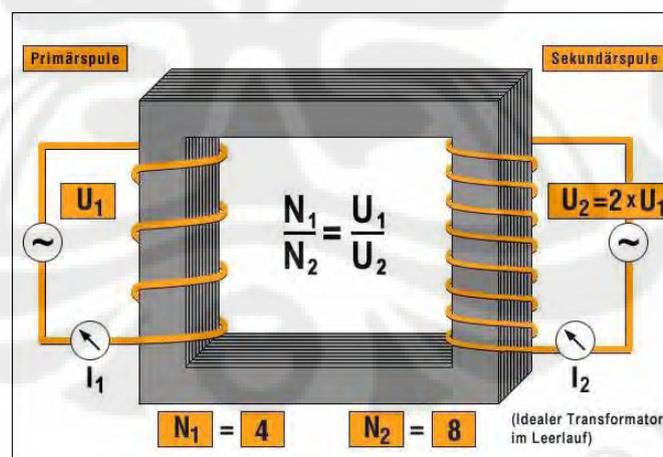
Pengiriman daya listrik tanpa kabel dapat kita definisikan sebagai suatu sistem pengiriman daya listrik, dimana energi listrik tersebut ditransmisikan dari suatu sumber listrik menuju ke beban listrik tanpa melalui suatu konduktor (biasanya berupa kabel).

Dalam aplikasinya, sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel ini sama seperti pada sistem konvensional yaitu mengantarkan daya dari sumber menuju beban. Yang membedakan hanyalah meniadakan keberadaan kabel sebagai konduktor. Sehingga sistem yang baru ini dapat lebih praktis dan efisien dimana keberadaan kabel yang terkadang menyulitkan dalam instalasi dan memiliki harga yang cukup mahal dapat dihilangkan.



Gambar. 2.1 Kabel yang banyak berseliweran dinilai mulai mengganggu^{[9][10]}

Prinsip pengiriman daya listrik tanpa kabel ini menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Namun induksi elektromagnetik yang digunakan tidaklah sama dengan prinsip induksi magnet konvensional yang biasa digunakan pada transformator dimana kumparan primer dapat mentransmisikan daya ke kumparan sekunder melalui sebuah inti besi dan harus berada dalam jarak yang sangat dekat satu sama lain. Meskipun tidak terhubung secara fisik, namun kumparan primer, inti besi dan kumparan sekunder harus pada jarak yang sangat dekat (dalam milimeter) untuk dapat bekerja secara optimal.



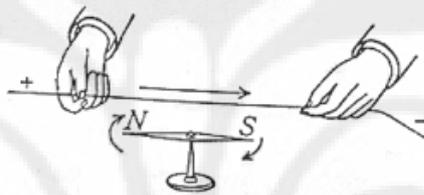
Gambar. 2.2. Gambar skematik trafo^[4]

Pada pengiriman daya listrik tanpa kabel yang dikemukakan dalam skripsi ini, akan digunakan sebuah resonator pada sisi pengirimnya dan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dan kopling resonansi dalam melakukan

pengiriman daya listrik tanpa kabel, sehingga jarak antara sisi pengirim dan penerima dapat mencapai nilai beberapa centimeter, beberapa puluh centimeter atau bahkan hingga beberapa meter tanpa menggunakan konduktor berupa kabel.

2.2. Induksi Elektromagnetik

Awal dari pemahaman tentang induksi magnet diperkenalkan oleh H.C Oersted yang pada tahun 1820 memperlihatkan kepada dunia bahwa sebuah arus listrik dapat mempengaruhi jarum sebuah kompas, dengan kata lain, Oersted membuktikan bahwa sebuah konduktor yang dialiri arus dapat menimbulkan medan magnet di sekitar konduktor tersebut^[11].



Gambar. 2.3 Percobaan Oersted membuktikan bahwa kawat berarus dapat mempengaruhi kompas^[11].

Beberapa tahun kemudian, Faraday membuktikan dimana arus listrik dapat dihasilkan dari medan magnet. Faraday melakukan percobaan sederhana dimana dia membuat sebuah kumparan yang terhubung dengan galvanometer dan bagian tengahnya dapat dimasuki sebuah magnet. Dan saat Faraday menggerakkan magnet tersebut maju dan mundur, maka jarum penunjuk pada galvanometer bergerak ke kanan dan ke kiri yang menandakan adanya arus pada kumparan tersebut. Dan dari percobaan sederhana ini, Faraday menyimpulkan bahwa sebuah magnet yang bergerak di dalam sebuah kumparan, maka akan dapat menimbulkan arus.

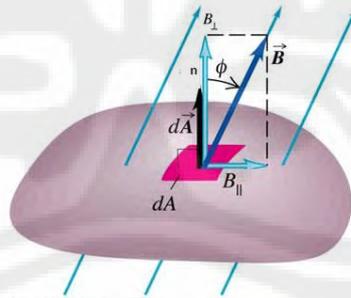


Gambar. 2.4 Percobaan Faraday^[12]

Setelah melalui berbagai fase penelitian, pada akhirnya Faraday mengeluarkan pernyataan yang menjadi dasar bagi berbagai pembelajaran tentang Induksi magnet yang hingga saat ini yang biasa dikenal dengan “Hukum Faraday” mengenai induksi elektromagnetik yang berbunyi:

1. *“Jika sebuah penghantar memotong garis-garis gaya dari suatu medan magnetik (flux) yang konstan, maka pada penghantar tersebut akan timbul tegangan induksi”.*
2. *“Perubahan flux medan magnetik didalam suatu rangkaian bahan penghantar, akan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian tersebut”.*

Dari hukum faraday diatas, dapat disimpulkan bahwa besar ggl induksi ditentukan oleh besar fluksnya. Dimana yang dimaksud fluks disini adalah banyaknya garis magnet yang menembus suatu permukaan dA . Yang dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar.2.5 Medan magnet yang menembus bidang dA akan menghasilkan fluks^[13]

Eksperimen yang dilakukan oleh Faraday menunjukkan bahwa perubahan fluks magnet pada suatu permukaan yang dibatasi oleh suatu lintasan tertutup akan mengakibatkan adanya GGL. Dan besar GGL induksi yang ditimbulkan akibat adanya perubahan fluksmedan magnetik dirumuskan dengan:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

Dimana:

ε = GGL Induksi yang dihasilkan

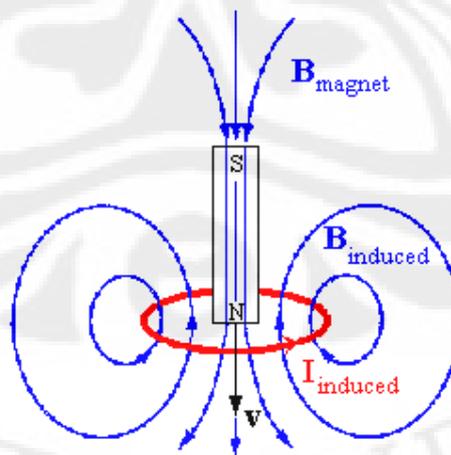
$-N$ = jumlah lilitan / kumparan

$\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan nilai flux terhadap waktu saat menembus suatu bidang

Tanda (-) menunjukkan bahwa arah ggl induksi yang ditimbulkan berlawanan dengan penyebabnya dalam hal ini adalah induksi medan magnetnya. dan hal ini sesuai dengan hukum Lenz, yang menyebutkan:

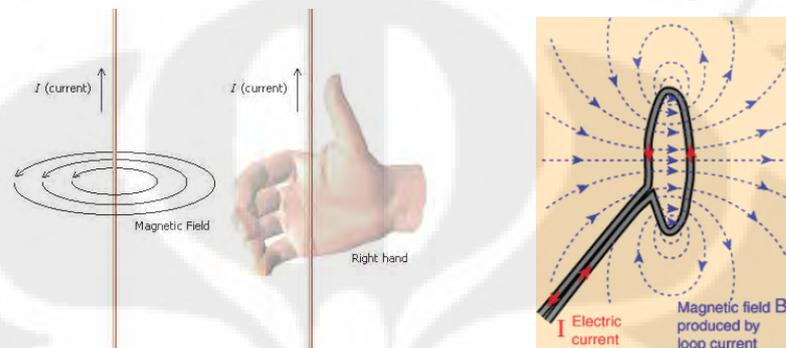
“bahwa arus induksi yang timbul arahnya sedemikian rupa sehingga menimbulkan medan magnet induksi yang melawan arah perubahan medan magnet”

Dari yang dikemukakan oleh Lenz diatas, dapat digambarkan bahwa medan induksi arahnya berlawanan dengan medan utamanya.



Gambar 2.6. Arah GGL Induksi^[13]

Dari gambar 2.6 diatas, apabila terdapat penambahan medan magnet utama yang menghadap ke bawah, maka medan magnet induksi yang berlawanan arah dengan medan utama (ke atas) juga akan bertambah. Sehingga pada konduktor akan timbul ggl induksi yang arahnya ditentukan oleh kaidah tangan kanan. Kaidah tangan kanan yang dimaksud adalah:



Gambar 2.7. Kaidah Tangan Kanan^[13]

Dari hukum Lenz tersebut dapat kita lihat bahwa apabila arus yang mengalir berubah-ubah, maka fluks magnet yang timbul juga akan berubah-ubah, sehingga GGL induksi yang timbul juga akan berubah-ubah dengan rumusan:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} \quad (2.2)$$

ε = GGL Induksi yang dihasilkan

L = induksi diri (satuan SI = Henry)

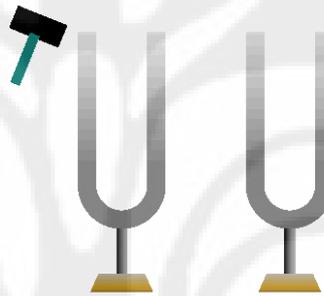
$\frac{dI}{dt}$ = perubahan arus pada terhadap waktu

2.3. Prinsip Resonansi

Secara definisi, resonansi adalah suatu fenomena dimana apabila suatu obyek bergetar dengan suatu frekuensi tertentu, dapat mempengaruhi obyek lain dengan jarak tertentu yang memiliki frekuensi yang sama atau hampir sama sehingga obyek lain tersebut akan ikut bergetar dengan frekuensi yang sama. Dengan kata lain, suatu benda dengan frekuensi tertentu dapat mengirimkan

sejumlah energi kepada benda lain dengan jarak tertentu yang memiliki frekuensi yang sama melalui medium apapun di sekitarnya.

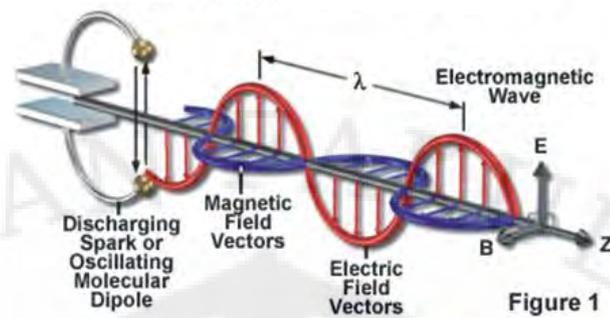
Sebagai sebuah contoh sederhana, jika kita mempunyai 2 buah garpu tala dengan frekuensi yang sama pada jarak tertentu, maka jika kita memukul garpu tala A sehingga timbul bunyi, maka garpu tala B dalam jarak tertentu akan berbunyi juga meskipun tidak kita pukul. Ini merupakan contoh dari fenomena resonansi akustik. Energi yang membuat garpu tala B ini bergetar dihasilkan dari gelombang bunyi dari garpu tala A, media pengirimannya adalah medan bunyi. Dapat dikatakan bahwa inti dari propagansi getaran ini adalah suatu pengiriman energi. Hal ini dapat dimungkinkan terjadi pada medan elektromagnetik.



Gambar. 2.8 Resonansi akustik pada garpu tala^[14]

2.4. Prinsip Resonansi Elektromagnetik

Fenomena resonansi elektromagnetik erat hubungannya dengan medan elektromagnetik yang juga erat hubungannya dengan proses terjadinya aliran listrik. Radiasi dari medan elektromagnetik pada tingkat tertentu dapat menjadi berbahaya bagi kelangsungan hidup organisme yang berada di dalam jangkauannya. Medan elektromagnetik dapat digai menjadi medan listrik dan medan magnet. Dan karena medan magnet jauh lebih aman bila dibandingkan dengan medan listrik, maka medan magnet menjadi pilihan yang paling tepat untuk digunakan sebagai media pengiriman energi jika dibandingkan dengan medan listrik dalam pemanfaatannya untuk perpindahan energi secara resonansi elektromagnetik



Gambar. 2.9 Gelombang Elektromagnetik^[15]

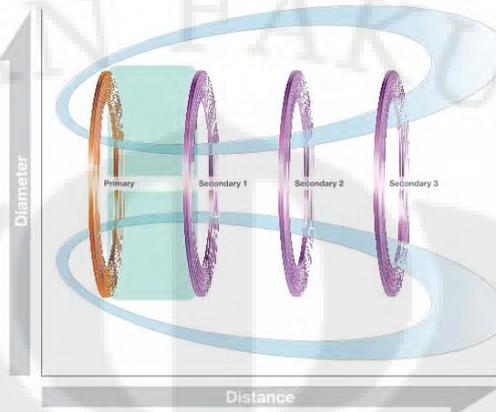
Dalam pembangkitan suatu medan elektromagnetik, radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan akan memuat sejumlah energi yang dipancarkan ke lingkungan. Energi ini akan terus terpancar tidak peduli apakah ada yang menangkapnya atau tidak. Apabila terdapat suatu benda yang mampu menangkap radiasi elektromagnetiknya, maka benda tersebut akan beresonansi dan akan menerima energi tersebut dan terjadilah perpindahan energi secara resonansi elektromagnetik.

Dari penjelasan diatas, maka akan dapat dirancang sebuah alat resonator yang memiliki frekuensi resonansi tertentu yang kemudian akan berperan menjadi penghasil medan elektromagnetik sebagai sumber energi, dan sebuah alat yang dapat menangkap radiasi gelombang elektromagnetik tersebut sehingga kedua alat tersebut akan dapat terhubung secara resonansi elektromagnetik. Energi yang diterima kemudian digunakan sebagai penyuplai beban setelah dikonversikan dengan rangkaian tambahan.

Secara umum, sistem elektromagnetik dengan frekuensi resonansi sama, memiliki nilai efektif dalam radius tertentu. Apabila di dalam radius efektif tersebut terdapat sumber medan elektromagnetik atau penangkap gelombang elektromagnetik lain yang memiliki frekuensi resonansi yang sama atau hampir sama dengan sistem sebelumnya, maka mereka akan dapat bergabung dengan sistem resonansi elektromagnetik yang telah ada dan akan membentuk hubungan resonansi elektromagnetik yang lebih besar.

Dengan kata lain sistem ini tidak hanya terbatas pada sebuah sumber energi dan sebuah penangkap energi saja. Namun sistem ini dapat terdiri atas beberapa sumber energi dan beberapa penangkap energi selama mereka terdapat

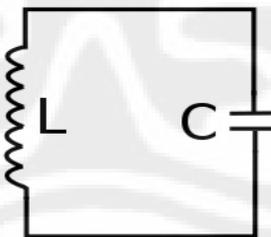
di dalam radius efektif dari sistem elektromagnetik dan memiliki frekuensi resonansi yang sama



Gambar. 2.10 Resonansi elektromagnetik antara keempat kumparan menghasilkan satu sistem resonansi^[15]

2.6 Rangkaian LC

Rangkaian LC adalah salah satu rangkaian listrik yang biasa digunakan sebagai oscillator atau penghasil osilasi yang terdiri dari induktor (L) dan kapasitor (C). Rangkaian LC dapat digunakan untuk menghasilkan sumber arus bolak balik atau sebagai pembangkit sinyal dari sebuah sumber DC.



Gambar.2.11 Rangkaian LC

Dengan nilai reaktansi pada masing-masing induktor dan kapasitornya dapat dirumuskan:

$$X_L = 2\pi fL \quad (2.3)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2.4)$$

Untuk menganalisa frekuensi resonansi yang dapat dihasilkan dari suatu rangkaian LC, kita dapat menganalogikan bahwa nilai reaktansinya sama satu sama lainnya^{[2][3]}, sehingga dapat kita rumuskan:

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2.5)$$

$$2\pi f^2L = \frac{1}{2\pi C} \quad (2.6)$$

$$f^2 = \frac{1}{2\pi^2LC} \quad (2.7)$$

Maka kita akan memperoleh rumusan frekuensi resonansi dari rangkaian LC sebagai berikut:

$$f = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2\pi^2LC}} \quad (2.8)$$

dan dapat disederhanakan menjadi:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.9)$$

Dengan demikian kita dapat memperoleh frekuensi resonansi dari rangkaian LC tank tersebut. Dengan nilai L adalah inuktansi dalam *Henry*. Dan C adalah kapasitansi dalam *Farad*

BAB 3

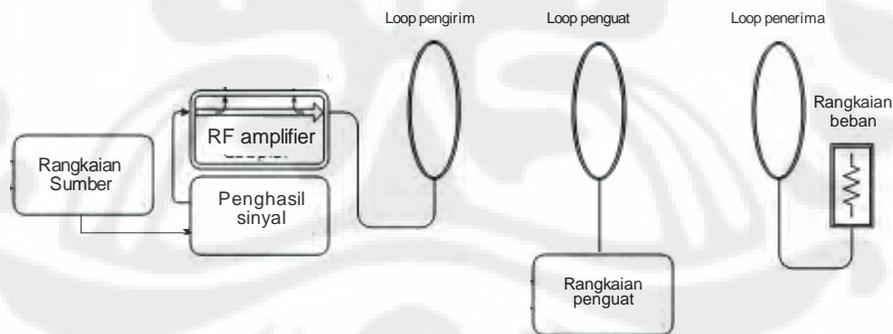
RANCANG BANGUN DAN PERCOBAAN

3.1 Percobaan awal *Wireless Power Transfer*

Secara umum, rancang bangun sistem pengiriman listrik tanpa kabel ini terdiri dari beberapa rangkaian yang saling mempengaruhi diantaranya:

1. Rangkaian pengirim
2. Rangkaian Penerima
3. Rangkaian penguat

Dalam pengerjaan skripsi ini, telah dibuat rancang bangun sederhana dari sistem pengiriman listrik tanpa kabel yang menggunakan prinsip resonansi elektromagnetik seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Secara umum, alat yang telah dibuat terdiri dari sebuah rangkaian *oscillator* yang berfungsi sebagai resonator yang memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertentu yang secara induksi akan beresonansi rangkaian penguat dan rangkaian penerima yang memiliki frekuensi resonansi yang sama atau hampir sama dengan sumber

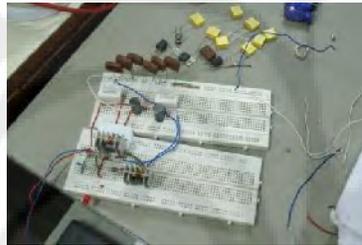


Gambar. 3.1 Sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel

Sesuai skematik pada gambar.3.1 diatas, masing-masing telah dibuat rangkaian yang dibutuhkan untuk membangun sistem pengiriman energi listrik dan melakukan serangkaian percobaan untuk melihat performa dari rangkaian yang kami buat. berbagai pengaturan juga telah dilakukan untuk dapat memperoleh hasil maksimal dari rangkaian yang kami buat tersebut.

Dikarenakan keterbatasan peralatan yang ada di departemen elektro Universitas Indonesia, seperti ketersediaan penghasil sinyal atau *function generator* yang memiliki daya tinggi, maka percobaan dilakukan dengan sistem *try and error* dalam menentukan frekuensi yang optimal dengan peralatan dan komponen seadanya yang beredar di pasaran.

Percobaan awal dilakukan dengan menggunakan rangkaian *proto-board* serta melihat bentuk gelombang frekuensinya dengan bantuan *Analogue Oscilloscope*. Berikut akan kami sajikan beberapa gambaran saat melakukan percobaan awal dari pembuatan perangkat sistem pengiriman energi Listrik Tanpa kabel ini



(a)



(b)

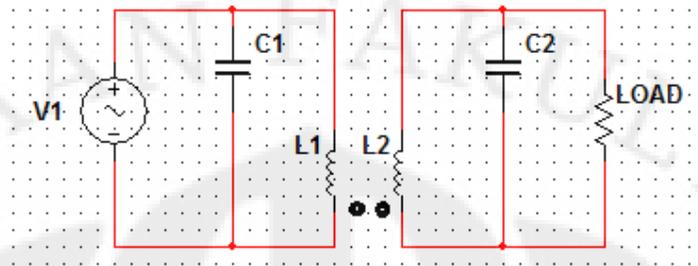


(c)

Gb 3.2 (a) *Try and error* pada rangkaian pengirim (b) Rangkaian *prototype* beserta *loop* pengirim (c) Frekuensi pada *loop* keluaran

Setelah diperoleh frekuensi untuk resonansi yang kami anggap cukup, kami mulai membuat masing-masing rangkaian dengan bantuan software *Eagle* dan membuat *prototype* alat yang sesungguhnya.

Berdasarkan rangkaian yang telah dibangun ini, apabila dibuat suatu pemodelan kelistrikannya, maka rangkaian ekuivalen dari rangkaian yang kami bangun dapat digambarkan:



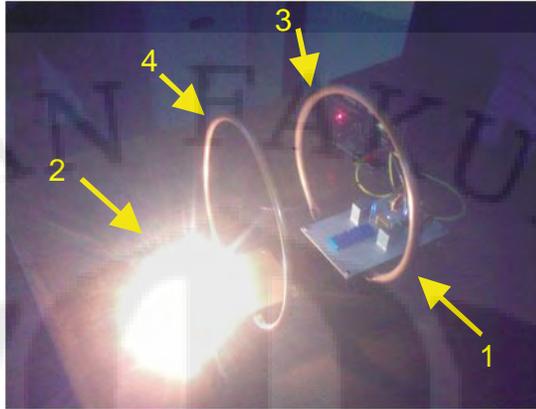
Gambar. 3.3 Rangkaian Ekuivalen *Wireless Power Transfer*

Pada rangkaian ekuivalen diatas, dapat dilihat bahwa terdapat 2 blok rangkaian yang terhubung secara induksi elektromagnetik, yaitu rangkaian pengirim pada sisi sebelah kiri dan rangkaian penerima pada sisi sebelah kanan. Pada masing-masing rangkaian, terdapat sebuah rangkaian LC yang bertindak sebagai resonator dan penghasil frekuensi resonansi kopling. Dari ketiga rangkaian ini, hanya rangkaian pengirim saja yang merupakan rangkaian aktif sedangkan yang lain adalah rangkaian pasif. Dengan kata lain, rangkaian pengirim inilah satu-satunya sumber daya bagi kedua rangkaian yang lainnya.

Penjelasan tentang masing-masing rangkaian pada *Prototype* sistem pengiriman energi listrik tanpa kabel ini akan kami jelaskan pada subbab berikut ini.

3.2 Rancang bangun prototype *Wireless Power Transfer*

Setelah parameter-parameter yang diperlukan telah diperoleh semua, maka *prototype* dari sistem *Wireless Power Transfer* ini telah dapat dibangun. Berikut akan kami sajikan gambaran dari prototype alat yang telah dibuat sebelumnya dibuat:



Gambar. 3.4 *Prototype Wireless Power Transfer*

Dari gambar 3.4 diatas, dapat kita lihat sebuah *Prototype* rangkaian *Wireless Power Transfer* dimana pada gambar diatas terdapat beberapa perangkat yang diberi tanda dengan nomor yang masing-masingnya merupakan:

1. Rangkaian *Transmitter* atau pengirim

Rangkaian ini merupakan sebuah rangkaian *Oscillator* yang berfungsi sebagai resonator atau sebuah rangkaian yang berfungsi memancarkan energi yang berupa gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertentu yang besarnya ditentukan oleh rangkaian LC yang terdapat di dalamnya dan kemudian memancarkannya melalui *loop* pengirim.^[5]

2. Rangkaian *Receiver* atau penerima

Rangkaian penerima ini merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menangkap energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik oleh rangkaian pengirim secara resonansi elektromagnetik. Oleh karena pengiriman energi ini dilakukan secara resonansi, maka rangkaian penerima ini haruslah memiliki frekuensi resonansi yang sama dengan rangkaian pengirim agar resonansi elektromagnetik ini dapat mencapai nilai maksimum. Sehingga dibutuhkan *tuning* pada rangkaian LC yang terdapat pada rangkaian penerima tersebut^[6]

3. *Loop* pengirim

Loop pengirim ini berbentuk lingkaran yang berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnetik yang telah dihasilkan oleh rangkaian pengirim.

4. *Loop* penerima

Loop penerima ini juga berbentuk lingkaran berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh rangkaian pengirim melalui *loop* pengirim dan kemudian diumpankan kepada rangkaian penerima.

Dari rangkaian yang sudah dibangun ini, akan dicoba untuk meningkatkan performa dari alat tersebut dengan menambahkan rangkaian penguat.

3.3 Prinsip rangkaian penguat

Prinsip kerja dari rangkaian yang telah kami bangun adalah dimana terdapat sebuah rangkaian yang kami sebut sebagai sisi pengirim dan berfungsi sebagai resonator yang menghasilkan medan elektromagnetik dengan frekuensi tertentu yang kemudian gelombang elektromagnetik tersebut akan mempengaruhi dan beresonansi dengan rangkaian yang lain yang memiliki frekuensi yang sama yang kemudian kami sebut sebagai rangkaian penerima yang bertindak sebagai penangkap medan elektromagnetik. Sesuai dengan prinsip resonansi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka akan ada jarak efektif tertentu dari sistem resonansi tersebut yang akan membatasi jarak efektif antara kedua rangkaian yaitu rangkaian pengirim dan rangkaian penerima. Oleh sebab itu, dapat dipastikan bahwa jarak antara kedua rangkaian akan sangat menentukan kinerja dari peralatan tersebut.

Apabila jarak antara sisi pengirim dan penerima tidak terlalu jauh, maka sebagian besar gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh rangkaian pengirim akan dapat diterima oleh rangkaian penerima, sehingga transfer energi akan dapat dilakukan dengan tingkat efisiensi yang cukup tinggi. Namun semakin jauh jarak sisi penerima dari pemancarnya, maka akan semakin sedikit pula gelombang elektromagnetik yang sampai pada sisi penerima, sehingga daya yang

dapat diterima juga tidak maksimal jika dibandingkan dengan saat sisi penerima dekat dengan sisi pengirim. Oleh sebab itu, sistem yang telah ada ini masih perlu untuk dilakukan peningkatan performa agar transfer energi dapat dilakukan untuk jarak yang lebih jauh.

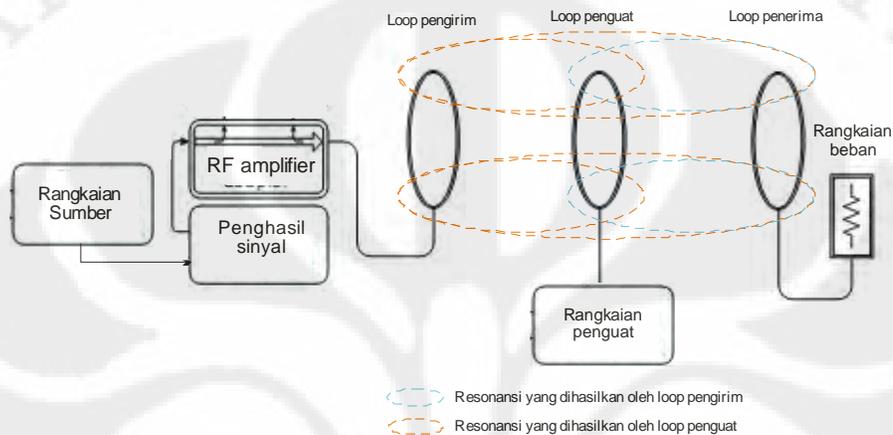
Dalam sistem pengiriman energi listrik tanpa kabel dengan prinsip resonansi elektromagnetik yang dijelaskan sebelumnya pada Bab 2.3, dimungkinkan untuk ditambahkan rangkaian lain untuk bergabung dengan sistem resonansi yang telah ada tersebut selama rangkaian tersebut masih terdapat di dalam radius efektif dari sistem resonansi tersebut. Rangkaian yang dimaksud diatas dapat berupa pengirim daya, penerima daya, maupun sebuah rangkaian tambahan yang dapat berfungsi sebagai penguat. Sesuai dengan penamaannya, rangkaian penguat ini dapat berguna berguna sebagai penguat dalam transfer daya antara sisi pengirim dan penerima.

Dan dalam pembuatan rangkaian penguat ini, haruslah dipikirkan sebuah rangkaian yang dapat menangkap transfer daya dari sisi pengirim, dan kemudian mengirimkannya kembali kepada sisi penerimanya. Dan bagaimana hal ini dapat dilakukan? Hal yang pertama adalah dengan melihat konstruksi dari rangkaian penerima yang mampu menangkap daya yang dipancarkan oleh sisi penerima. Dari rangkaian tersebut akan dimodifikasi agar dapat kembali memancarkan daya yang diterimanya dan membuat rangkaian tersebut untuk dapat menyerap daya sekecil mungkin dengan tujuan agar tidak ada daya yang terbuang pada rangkaian baru ini.

3.4. Rancang bangun rangkaian penguat

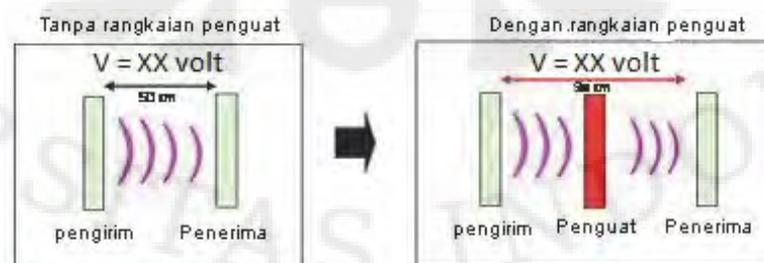
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, secara garis besar, rangkaian penguat ini berfungsi untuk memperkuat hubungan elektromagnetik dari sisi pengirim dan penerima dengan cara menerima sebagian gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh pengirim namun tidak dapat diterima oleh sisi penerima akibat adanya jarak yang terlalu jauh, dan kemudian memancarkannya kembali ke arah penerima sehingga daya yang diterima oleh sisi penerima adalah hasil akumulasi dari dari daya yang dipancarkan dari sisi

pengirim yang diterima sisi penerima ditambah dengan daya yang diterima oleh sisi penerima dari rangkaian penguat. Dan rangkaian penguat yang dibuat juga dilengkapi oleh sebuah *loop* yang memiliki diameter yang sama dengan diameter dari *loop* pada sisi pengirim dan penerima yang diletakkan diantara kedua *loop* sisi pengirim dan penerima.



Gambar. 3.5 Resonansi pada sistem *Wireless Power Transfer* dengan rangkaian penguat

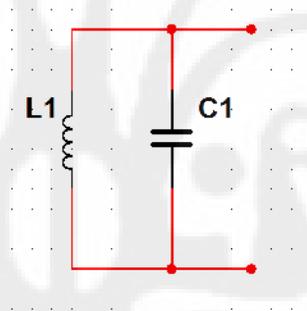
Gambar. 3.5 diatas ini adalah ilustrasi dari penambahan sebuah rangkaian penguat pada sistem pengiriman daya tanpa kabel. Dimana misalkan kita memiliki sebuah sistem pengiriman daya tanpa kabel yang dapat mengirimkan daya pada jarak 50cm dengan nilai tegangan XXvolt secara nirkabel. Maka disaat kita mengaplikasikan sebuah rangkaian penguat, maka kita akan memperoleh tambahan jarak yang semula hanya 50 cm dapat mencapai 90 cm dengan nilai tegangan yang sama yaitu XX volt. Dari ilustrasi tersebut, kita dapat melihat bahwa rangkaian penguat dapat menambah jarak antara rangkaian pengirim dan penguat.



Gambar. 3.6 Optimalisasi kerja rangkaian penguat

Dan rangkaian penguat ini terdiri dari sebuah *loop* yang selain berguna sebagai penangkap medan magnet dari sisi pengirim, *loop* ini juga memiliki nilai induktansi yang diperlukan untuk dapat menentukan besar frekuensi resonansi dari rangkaian penguat tersebut. Selain itu, di dalam rangkaian penguat ini juga terdapat serangkaian kapasitor yang tersusun secara paralel yang digunakan sebagai penerima dan penyimpan daya sementara dari sebagian daya yang dikirim dari sisi pengirim dan kemudian rangkaian ini akan dapat meneruskan daya tersebut ke sisi penerima. Rangkaian kapasitor pada rangkaian ini juga berfungsi untuk menentukan besar frekuensi yang dapat diterima dan dipancarkan oleh rangkaian penguat ini. Dengan kata lain, susunan dari rangkaian penguat ini adalah susunan dari sebuah rangkaian resonator LC.

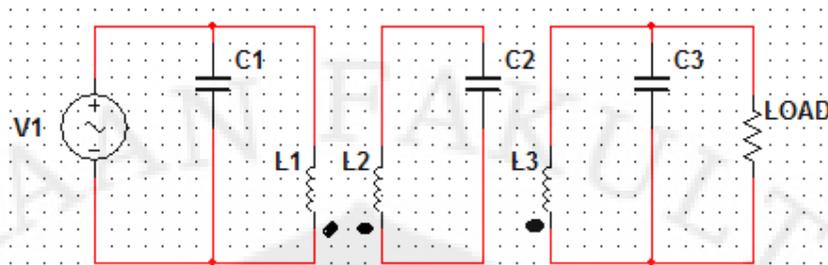
Rangkaian ekuivalen dari rangkaian penguat ini dapat kita gambarkan sebagai berikut:



Gambar. 3.7 Rangkaian ekuivalen dari rangkaian penguat

Rangkaian LC yang digunakan dalam rangkaian penguat ini terdiri dari komponen L dan C. Dimana L_1 adalah iduktansi diri dari *loop* yang dipakai pada rangkaian penguat, dan C_1 adalah kapasitansi yang terdapat dalam rangkaian. Nilai kapasitansi ini dipengaruhi oleh besar nilai dari kapasitor yang terpasang pada rangkaian penguat ini.

Rangkaian ekuivalen dari *wireless Power Transfer* apabila ditambahkan rangkaian penguat ini, akan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar. 3.8 Rangkaian ekivalen dari *Wireless Power Transfer* dengan rangkaian penguat

Rangkaian penguat ini harus dapat masuk ke dalam sistem resonansi magnetik yang terjadi di antara sisi pengirim dan penerima. Rangkaian penguat ini haruslah memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi yang dimiliki oleh sisi pengirim dan penerima agar rangkaian penguat ini dapat beroperasi secara maksimal. Penentu dari frekuensi yang dapat ditangkap dan dihasilkan oleh rangkaian penguat ini adalah rangkaian LC yang terdapat pada rangkaian ini. Namun, dikarenakan nilai L ditentukan oleh *loop* yang dipakai, dan karena ukuran loop yang tetap, maka kita hanya dapat menrubah-rubah frekuensi yang terdapat pada rangkaian ini dengan memberikan variasi nilai kapasitansinya, yaitu dengan merubah nilai kapasitor yang terpasang. Variasi pada nilai kapasitor ini dilakukan dengan memasang beberapa kapasitor secara paralel untuk memperoleh nilai maksimal penguatannya.

Untuk dapat melakukan percobaan mengenai rangkaian penguat, telah dibuat *prototype* dari rangkaian penguat ini sesuai dengan rangkaian ekivalennya. Hasil dari pembuatan rangkaian penguat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar. 3.9 Rangkaian penguat

Rangkaian penguat ini kemudian akan digabungkan dengan sistem yang telah ada sehingga besar daya yang terkirim juga akan semakin besar. Dimana setelah diberikan rangkaian pengat ini, sistem pengiriman Daya listrik tanpa kabel ini akan menjadi:



Gb 3.10 Aplikasi rangkaian penguat ke dalam sistem

3.5 Tuning frekuensi pada rangkaian penguat

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, frekuensi merupakan salah satu parameter yang sangat vital dalam sistem resonansi elektromagnetik. Dimana dalam sistem resonansi ini, semua yang berada dalam jangkauan resonansi ini haruslah memiliki besar frekuensi resonansi yang sama atau hampir sama. Oleh sebab itu, diperlukan adanya suatu pengaturan dan menganalisa pentingnya pengaturan pada frekuensi dari alat-alat yang terdapat dalam sistem resonansi tersebut. Termasuk pada rangkaian penguat ini.

Dalam sistem *Wireless Power Transfer* yang telah kami bangun ini, sudah terbentuk sistem resonansi antara rangkaian pengirim dan penerima. Dan apabila kita akan menambahkan sebuah rangkaian penguat dalam sistem resonansi yang sudah ada ini, maka kita harus melakukan pengaturan pada rangkaian penguat ini agar dapat bergabung dengan sistem resonansi yang sudah ada dan dapat melaksanakan tugasnya sebagai penguat resonansi antara sisi pengirim dan penerima.

Seperti telah dijelaskan pada bab 3.2 sebelumnya, bahwa rangkaian penguat merupakan sebuah rangkaian LC yang memiliki frekuensi resonansi tertentu yang ditentukan oleh nilai L dan C nya. Dan dikarenakan nilai L nya yang tetap, maka kita hanya dapat memvariasikan nilai C nya. Dan dengan memvariasikan nilai C tersebut, kita diharuskan untuk membuat rangkaian

penguat ini memiliki frekuensi resonansi yang sama atau hampir sama dengan frekuensi resonansi dari sistem yang telah ada.

Apabila kita membandingkan antara nilai frekuensi resonansi dari rangkaian penguat dan frekuensi resonansi dari sistem dengan menggunakan rumusan (2.9) dengan nilai L dan C masing-masing, maka hanya akan ada 2 kemungkinan, yaitu:

- Frekuensi rangkaian penguat sama dengan frekuensi resonansi sistem
- Frekuensi rangkaian penguat tidak sama dengan frekuensi resonansi sistem

Dari kedua kondisi tersebut, dapat dipastikan bahwa masing-masing kondisi akan memiliki efek yang berbeda-beda terhadap sistem *wireless power transfer* ini secara keseluruhan.

3.5.1 Frekuensi rangkaian penguat sama dengan frekuensi sistem

Pada kondisi ini, dikarenakan nilai frekuensi yang sama, maka rangkaian penguat akan berada dalam sistem resonansi yang sudah ada secara sempurna. Sehingga dari sistem yang sebelumnya ada hanya diantara rangkaian pengirim dan penerima, maka sistem resonansi ini akan bertambah menjadi sistem resonansi antara rangkaian pengirim, rangkaian penguat dan rangkaian penerima.

Dengan kondisi demikian, maka rangkaian penguat ini akan dapat menangkap gelombang elektromagnetik dari sisi pengirim dengan sangat baik dan dikarenakan pada rangkaian ini tidak terdapat beban, namun hanya terdiri dari rangkaian LC yang juga merupakan sebuah *resonator* maka daya yang diterima akan dipancarkan kembali kepada sisi penerima. Sehingga sisi penerima akan menerima daya yang lebih besar akibat adanya penambahan daya dari sisi rangkaian penguat ini.

3.5.2 Frekuensi rangkaian penguat tidak sama dengan frekuensi sistem

Pada kondisi frekuensi pada rangkaian penguat lebih tinggi atau lebih rendah jika dibandingkan dengan rangkaian sistem yang telah ada, maka rangkaian penguat ini tidak akan sepenuhnya dapat bergabung dengan sistem resonansi yang telah ada sebelumnya.

Yang dimaksud dengan tidak dapat bergabung sepenuhnya adalah saat dimana rangkaian penguat ini masih dapat menerima daya dari rangkaian pengirim dan mengirimkannya kembali ke sisi penerima. Namun, besar daya yang dapat dikirim akan jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan rangkaian ini beresonansi sempurna dengan sistem yang sudah ada.

Rangkaian penguat ini akan tetap menangkap gelombang elektromagnetik dari sisi pengirim dengan prinsip induksi melalui *loop* pada rangkaian ini. Sehingga terdapat arus yang mengalir di dalam rangkaian LC pada rangkaian penguat ini. Rangkaian LC ini akan saling mengumpan seperti yang telah dijelaskan pada bab mengenai rangkaian LC sebelumnya,. Namun, akibat adanya perbedaan frekuensi resonansi dari rangkaian LC pada rangkaian penguat dan frekuensi resonansi sistem yang telah terbentuk, maka penguatan yang terjadi tidak lagi maksimal. Sehingga besar penguatan yang terjadi juga akan mengalami penurunan

Apabila penguatan yang terjadi tidak lagi maksimal, maka daya yang akan dipancarkan dan diterima oleh rangkaian penerima tidak akan sebesar saat keduanya memiliki besar frekuensi yang sama atau dengan kata lain terjadi resonansi sempurna antara rangkaian penguat dan sistem yang sebelumnya telah ada.

3.6 Percobaan

Untuk melihat karakteristik tegangan keluaran saat suatu sistem Pengiriman daya listrik tanpa kabel yang ditambahkan dengan rangkaian penguat, perlu dilakukan serangkaian percobaan yang bertujuan untuk melihat pengaruh yang disebabkan oleh rangkaian penguat, dan memperoleh nilai-nilai yang paling

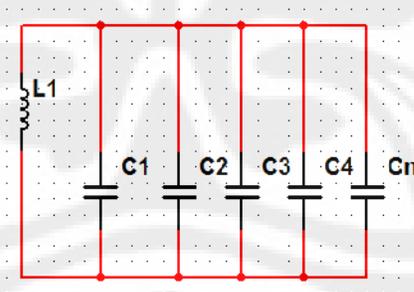
optimum dan peningkatan yang paling signifikan terhadap nilai tegangan (rms) keluaran.

Pada skripsi ini, dilakukan 2 kumpulan percobaan, diantaranya:

- Percobaan I : jarak (Tx-Rx) konstan
 - Percobaan I.a : $S_x : \frac{1}{4}$ jarak (Tx-Rx)
 - Percobaan I.b : $S_x : \frac{1}{2}$ jarak (Tx-Rx)
 - Percobaan I.c : $S_x : \frac{3}{4}$ jarak (Tx-Rx)
- Percobaan II : Jarak maksimum

Kedua serangkaian percobaan tersebut dilakukan dengan menjaga parameter-parameter yang terdapat pada rangkaian pengirim dan penerima adalah konstan. Namun sebaliknya, berbagai variasi diberikan kepada parameter-parameter yang terdapat pada rangkaian penguat, seperti kapasitansi, jarak antara *loop* rangkaian penguat baik dengan *loop* pada rangkaian pengirim dan penerima. Dan dari perubahan-perubahan tersebut, akan dapat dilihat perubahan-perubahan dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel akibat nilai kapasitansi tertentu dari rangkaian penguat

Perubahan nilai kapasitansi pada rangkaian penguat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar. 3.11 Gambar rangkaian penguat

Dari gambar. 3.11 diatas, dapat dilihat bahwa perubahan nilai kapasitansi. Hal ini dilakukan dengan merangkai beberapa kapasitor dengan nilai yang sama (C) secara paralel.

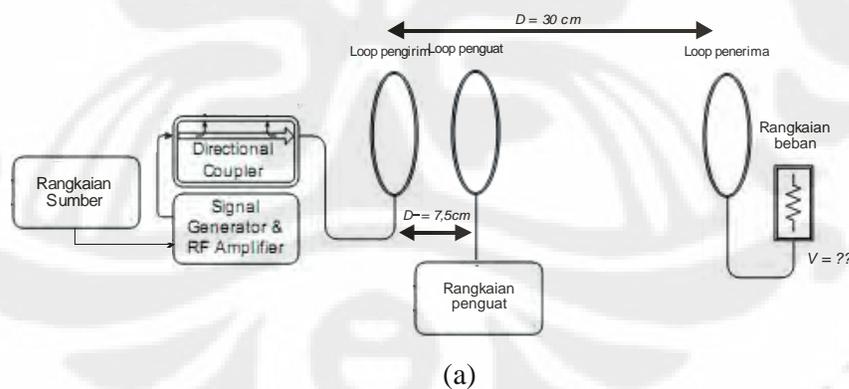
Detail dari masing-masing percobaan yang kami lakukan akan dijelaskan secara detail pada subbab dibawah ini.

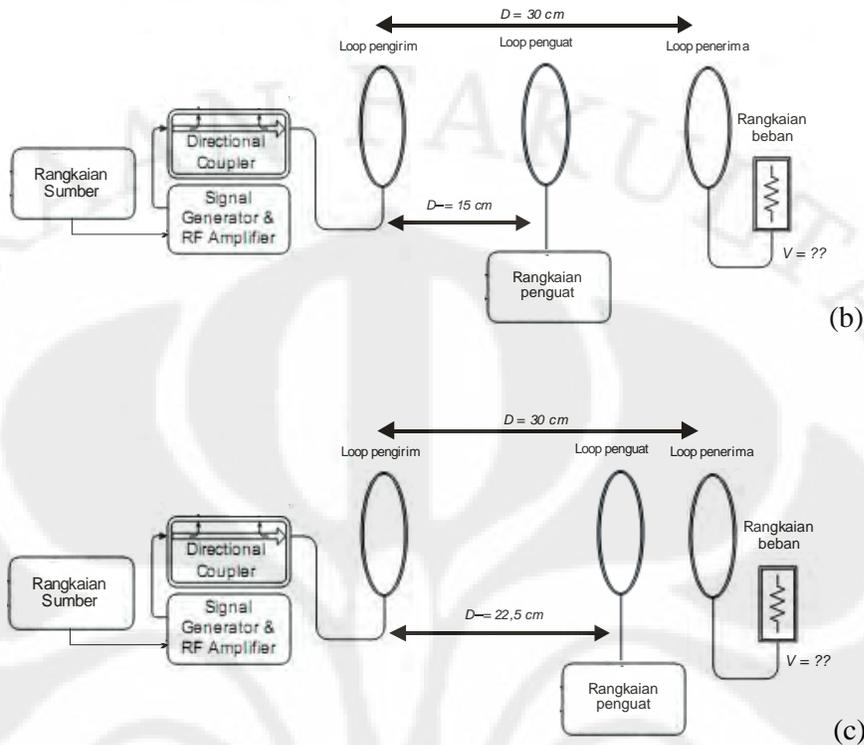
3.6.1 Percobaan I : Jarak (Tx-Rx) konstan

Tujuan percobaan I ini adalah untuk melihat besarnya penguatan tegangan pada sisi penerima setelah ditambahkan dengan rangkaian penguat (S_x) apabila jarak antara T_X dan R_X dijaga konstan. Dalam percobaan, *loop* penguat akan ditempatkan di beberapa posisi diantaranya pada $\frac{1}{4}$ jarak antara T_X dan R_X , $\frac{1}{2}$ jarak antara T_X dan R_X , $\frac{3}{4}$ jarak antara T_X dan R_X . Dengan percobaan ini, akan dapat dianalisa apakah penguatan tegangan yang dihasilkan sama di setiap posisi, dan berapa penguatan yang dihasilkan pada masing-masing posisi.

Secara garis besar, percobaan pertama ini dilakukan sebanyak 3x, rangkaian penguat akan ditempatkan pada jarak $\frac{1}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 7,5 cm, $\frac{1}{2}$ jarak $T_X - R_X$ atau 15 cm, $\frac{3}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 22,5 cm, kemudian kita dilihat besar tegangan pada sisi penerimanya dan akan dibandingkan saat sistem tersebut tidak mengaplikasikan rangkaian penguat. Dalam percobaan ini, jarak antara T_X dan R_X akan dijaga pada jarak 30 cm dan kami akan berbagai nilai kapasitansi pada rangkaian penguat akan diberikan.

Penguatan tegangan dan nilai frekuensi pada sisi penerima akan dapat diamati dengan menggunakan *Oscilloscope* pada masing-masing nilai kapasitansi yang terdapat pada rangkaian penguat. Berikut akan disajikan ilustrasi skema pengambilan datanya.





Gb 3.12 (a) Percobaan I.a (b) Percobaan I.b (c) Percobaan I.c

Pada rangkaian penguatnya sendiri, penguatan yang terjadi pada tegangan keluaran akan dicari dimulai saat rangkaian penguat tidak terhubung paralel dengan kapasitor hingga nilai tertentu dari kapasitor.

Dengan melakukan percobaan ini, akan dapat dilihat bagaimana perubahan tegangan keluaran yang disaat rangkaian belum diambahkan rangkaian penguat, hanya diberikan $loop S_x$ tanpa adanya rangkaian kapasitor, dan berbagai nilai kapasitor.

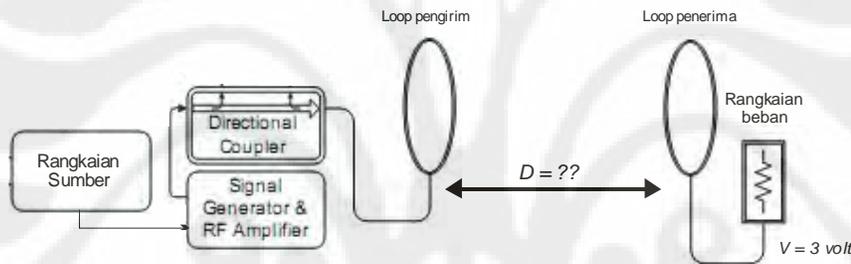
3.4.2 Percobaan II : Jarak maksimum

Percobaan ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh dari rangkaian penguat (S_x) terhadap jarak transfer maksimal dari sistem pengirimnya daya tanpa kabel ini.

Percobaan ini dilakukan dengan menjadikan tegangan keluaran pada sisi penerima sebagai variabel tetapnya dan jumlah kapasitor sebagai variabel terkontrol. Namun, jarak rangkaian penguat dari sumber akan diabaikan dalam

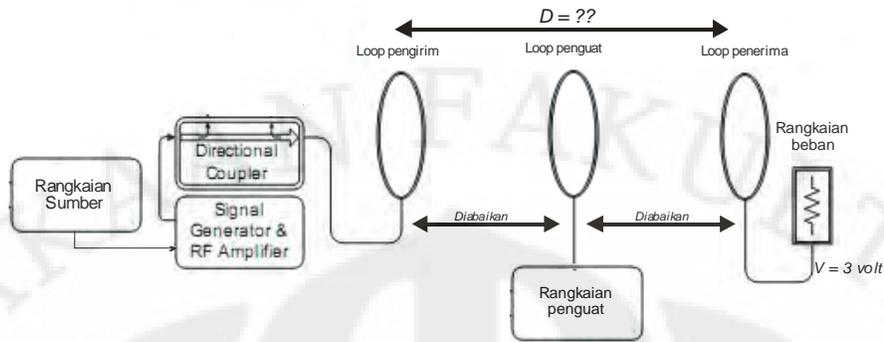
percobaan ini, sehingga kita hanya melihat parameter jumlah kapasitor dan jarak terjauh yang mampu ditransfer oleh sistem pengiriman ini untuk memperoleh nilai tegangan yang tetap.

Dalam percobaan ini, akan dibatasi besar tegangan pada sisi beban menjadi kurang lebih 3 volt. Sehingga akan dapat diukur berapa jarak antara T_X - R_X untuk memperoleh nilai tegangan pada sisi beban sebesar 3 volt dengan adanya rangkaian penguat. Namun, sebelum dilakukan pengukuran tersebut, perlu dicari data pembandingnya yaitu jarak antara T_X - R_X saat rangkaian penguat belum diaplikasikan. Berikut adalah ilustrasi untuk memperoleh jarak T_X - R_X saat rangkaian penguat belum diaplikasikan dengan besar tegangan pada sisi beban kurang lebih 3 volt.



Gambar. 3.13 Percobaan II tanpa menggunakan rangkaian penguat

Setelah diperoleh jarak antara T_X - R_X pada saat belum terdapat rangkaian penguat, maka akan diukur jarak antara T_X - R_X setelah rangkaian penguat diaplikasikan untuk memperoleh tegangan 3 volt juga seperti pada percobaan sebelumnya. Pada percobaan ini, posisi dari *loop* penguat (S_X) diabaikan. Kita hanya melihat perubahan jarak antara T_X - R_X setelah rangkaian penguat dan S_X diaplikasikan.



Gambar. 3.14 percobaan 3 setelah ditambahkan rangkaian penguat

Pada rangkaian penguatnya sendiri, jarak $T_X - R_X$ akan dicari dimulai saat rangkaian penguat tidak terhubung paralel dengan kapasitor hingga nilai tertentu dari kapasitor.

Dengan melakukan percobaan ini, akan dapat dilihat bagaimana perubahan jarak yang terjadi antara tanpa rangkaian penguat, hanya diberikan $loop S_X$ tanpa adanya rangkaian kapasitor, dan berbagai nilai kapasitor. Dengan begitu, akan diperoleh kombinasi yang paling optimum untuk memperoleh tegangan keluaran yang kita inginkan.

BAB 4

ANALISIS HASIL PERCOBAAN

4.1 Langkah menganalisa masing-masing percobaan

dalam percobaan dilakukan variasi pada nilai Cs dengan nilai Ls yang tetap. 'Cs' merupakan nilai kapasitansi dari rangkaian penguat. Dan untuk perubahan nilai kapasitor 'Cs' dilakukan dengan menentukan sebuah nilai 'C' dan kemudian dalam percobaannya, kami menggunakan parameter 1 x C, 2 x C, hingga n x C sedangkan nilai 'Ls' merupakan nilai induktansi pada masing-masing *loop*.

'Tx' merupakan simbol yang menrepresentasikan rangkaian pengirim sedangkan 'Rx' merupakan rangkaian penerimanya.

4.2 Analisa Percobaan I

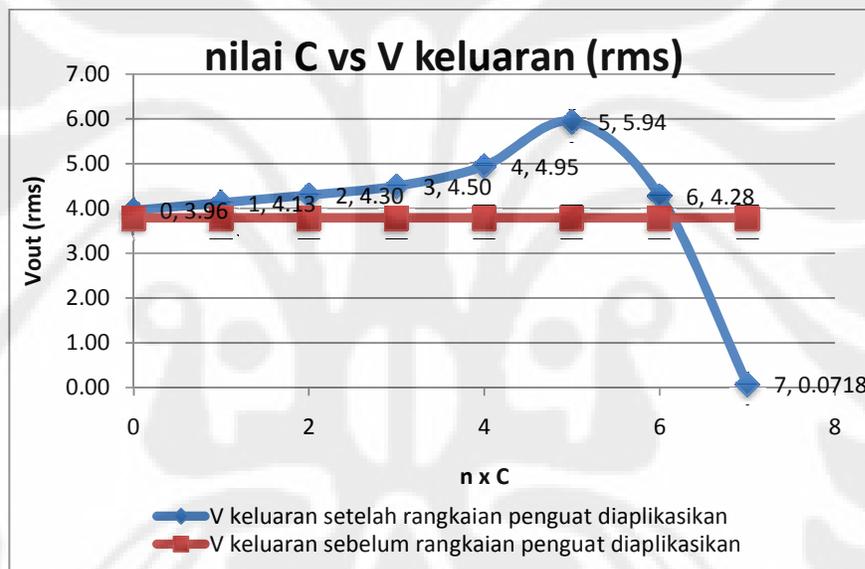
Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa tujuan percobaan pertama ini adalah untuk melihat besarnya penguatan tegangan pada sisi penerima setelah ditambahkan dengan rangkaian penguat apabila jarak antara Tx dan Rx dijaga konstan. Dan percobaan ini dilakukan dalam 3 tahap, dimana masing-masing tahap menggambarkan posisi rangkaian penguat yang berbeda. Dimana posisi yang dimaksud diantaranya adalah pada $\frac{1}{4}$ jarak antara Tx dan Rx, $\frac{1}{2}$ jarak antara Tx dan Rx, $\frac{3}{4}$ jarak antara Tx dan Rx. Dengan melakukan percobaan ini, akan dapat dilihat apakah penguatan tegangan yang dihasilkan sama di setiap posisi, dan berapa penguatan yang dihasilkan pada masing-masing posisi.

Percobaan ini dilakukan dengan menempatkan *loop* rangkaian penguat pada jarak $\frac{1}{4}$ jarak Tx - Rx atau 7,5 cm, $\frac{1}{2}$ jarak Tx - Rx atau 15 cm, $\frac{3}{4}$ jarak Tx - Rx atau 22,5 cm, kemudian akan diukur nilai tegangan pada sisi penerimanya dan dibandingkan saat sistem tersebut tidak mengaplikasikan rangkaian penguat. Dalam percobaan ini, jarak antara Tx dan Rx akan dijaga tetap pada jarak 30 cm dan perubahan nilai kapasitansi pada rangkaian penguat akan dilakukan.

4.2.1 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{1}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 7,5 cm

Percobaan ini dilakukan dengan menjaga parameter-parameter yang terdapat pada sisi pengirim dan penerima adalah tetap seperti yang telah diungkapkan sebelumnya. Dan posisi rangkaian penguat berada pada posisi $\frac{1}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau sekitar 7,5 cm. Dan data mengenai tegangan keluaran, frekuensi pada rangkaian pengirim, penerima dan rangkaian penguat juga diukur.

Data percobaan yang diperoleh terdapat pada lampiran 1. Dan dari data tersebut, diperoleh grafik nilai tegangan keluaran pada setiap perubahan nilai C_s adalah sebagai berikut:



Gambar. 4.1 Grafik percobaan I.a

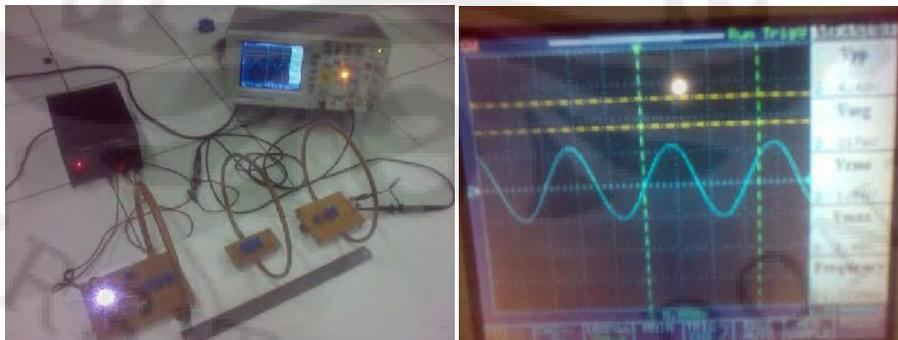
Dari grafik diatas, grafik berwarna merah adalah nilai tegangan keluaran saat rangkaian penguat belum diaplikasikan. Dimana nilai tersebut kita gunakan sebagai pembanding. Sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik dari nilai tegangan pada sisi beban setelah rangkaian penguat diaplikasikan pada rangkaian *wireless power transfer* yang telah kami bangun sebelumnya.

Dari grafik, dapat kita lihat pada nilai C antara 1 sampai 5 terjadi peningkatan nilai tegangan pada sisi beban secara bervariasi, peningkatan yang terendah terjadi saat rangkaian penguat tidak menggunakan kapasitor atau $C_s=0$ yaitu meningkat sebesar 4,485% menjadi 3,96 volt dari kondisi tanpa rangkaian

penguat yaitu 3,79 volt. Dan peningkatan yang terbesar terjadi saat nilai $C_s = 5$ yaitu meningkat sebesar 56,728 % dari nilai 3,78 volt menjadi 5,94 volt. Pada saat nilai C_s berada pada nilai 1 hingga 5, penguatan terjadi seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dimana rangkaian penguat akan menangkap medan dari sisi pengirim dan memancarkannya ke sisi penerima. Sehingga nilai tegangan pada sisi beban lebih tinggi dibandingkan saat tanpa menggunakan rangkaian penguat.

Sedangkan pada saat C_s bernilai 6 atau 7, maka tegangan pada sisi beban akan mulai menurun. Penurunan terbesar yang terjadi adalah sebesar -98,106 % dari nilai 3,79 volt menjadi 0,0718 volt pada sisi beban. Pada saat C_s bernilai 7, hal ini disebabkan karena rangkaian penguat akan lepas dari sistem resonansi yang telah ada sebelumnya dan rangkaian penguat ini akan bertindak sebagai beban akibat nilai kapasitansi yang terlalu tinggi sehingga nilai frekuensi resonansinya jauh lebih rendah daripada nilai resonansi sistemnya. Dan hal ini akan berpengaruh kepada sisi penerima. Dimana sisi penerima hanya akan menerima sedikit saja daya yang dikirimkan oleh rangkaian pengirim. Hal ini dikarenakan selain rangkaian penguat yang menyerap daya, rangkaian ini juga tidak beresonansi maksimal sehingga tidak dapat mengirimkan daya kepada penerima akibat pengaruh nilai frekuensi yang berbeda dengan frekuensi resonansi sistem. Sehingga daya yang ditangkap oleh rangkaian penerima menjadi lebih sedikit karena sebagian besar ditangkap oleh rangkaian penguat.

Berikut akan disajikan suasana saat melakukan percobaan:

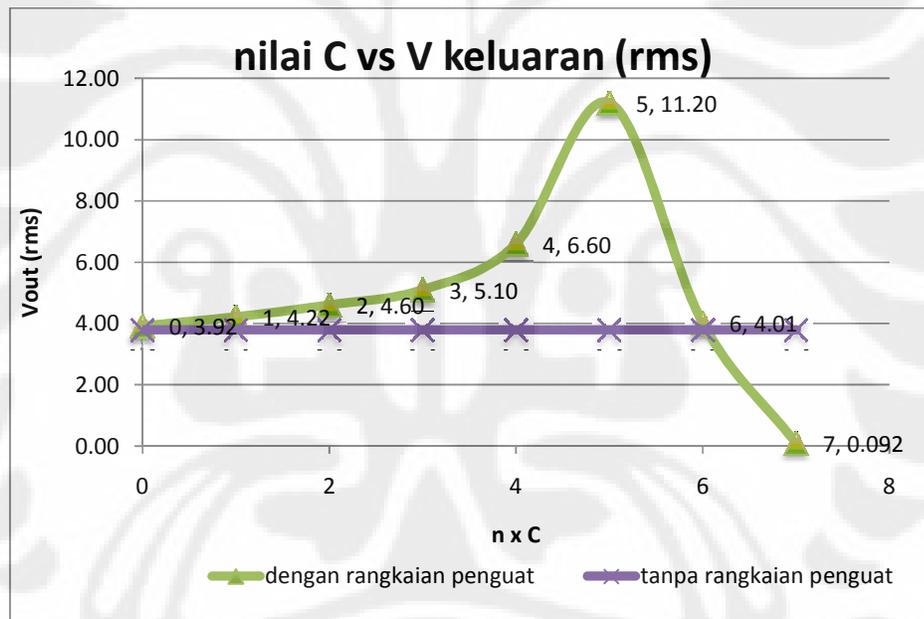


Gambar. 4.2 Pengambilan data percobaan I.a.

4.2.2 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{1}{2}$ jarak $T_X - R_X$ atau 15 cm

Seperti pada percobaan sebelumnya pada bagian Percobaan ini dilakukan dengan menjaga parameter-parameter yang terdapat pada sisi pengirim dan penerima adalah tetap dan hanya merubah posisi dari rangkaian penguatnya saja pada posisi $\frac{1}{2}$ jarak $T_X - R_X$ atau sekitar 15 cm. Dan kemudian data mengenai tegangan keluaran, frekuensi pada rangkaian pengirim, penerima dan rangkaian penguat juga diukur seperti percobaan sebelumnya..

Data percobaan yang diperoleh terdapat pada lampiran 2. Dan dari data tersebut, diperoleh grafik nilai tegangan keluaran pada setiap perubahan nilai Cs adalah sebagai berikut:



Gambar. 4.3 Grafik percobaan I.b

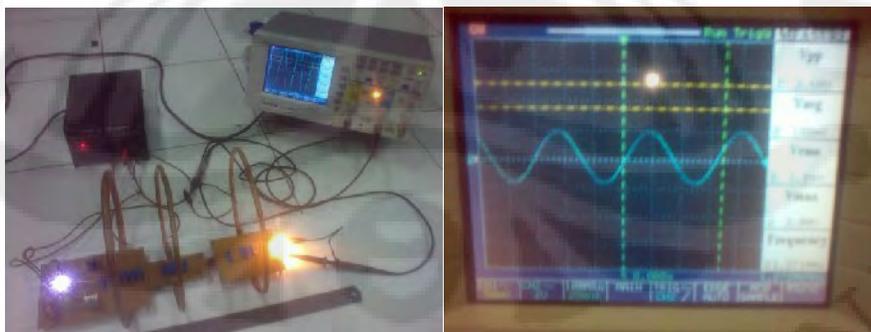
Seperti pada percobaan sebelumnya, grafik berwarna hijau adalah nilai tegangan keluaran saat rangkaian penguat belum diaplikasikan. Sedangkan grafik berwarna ungu merupakan grafik dari nilai tegangan pada sisi beban setelah rangkaian penguat diaplikasikan pada rangkaian *wireless power transfer* yang telah dibangun.

Dari grafik, dapat dilihat pada nilai Cs antara 1 sampai 5 masih terjadi peningkatan nilai tegangan (rms) pada sisi beban seperti pada percobaan

sebelumnya, peningkatan yang terendah terjadi saat rangkaian penguat tidak menggunakan kapasitor atau $C_s=0$ yaitu meningkat sebesar 3,34 % menjadi 3,92 volt dari kondisi tanpa rangkaian penguat yaitu 3,79 volt. Dan peningkatan yang terbesar terjadi saat nilai $C_s=5$ yaitu meningkat sebesar 195,515% menjadi 295,515 % dari nilai semula, yaitu dari nilai 3,79 volt menjadi 11,2 volt hampir mendekati nilai 3 kali lipat nilai semula. Pada saat nilai C_s berada pada nilai 1 hingga 5, penguatan terjadi seperti pada percobaan sebelumnya yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Sedangkan pada saat C bernilai 6 dan 7, maka tegangan pada sisi beban akan mulai menurun hingga mendekati nilai nol. Penurunan yang terbesar adalah sebesar -97,563 % dari nilai 3,79 volt menjadi 0,092 volt pada sisi beban. pada saat n C bernilai 7, maka akan terjadi fenomena yang sama seperti yang terjadi pada percobaan I.a sebelumnya dimana sisi penerima hanya akan menerima sedikit saja daya yang dikirimkan oleh rangkaian pengirim. Hal ini dikarenakan selain rangkaian penguat yang menyerap daya, rangkaian ini juga tidak beresonansi maksimal sehingga tidak dapat mengirimkan daya kepada penerima akibat pengaruh nilai frekuensi yang berbeda dengan frekuensi resonansi sistem. Sehingga daya yang ditangkap oleh rangkaian penerima menjadi lebih sedikit karena sebagian ditangkap oleh rangkaian penguat.

Berikut akan disajikan suasana saat melakukan percobaan:

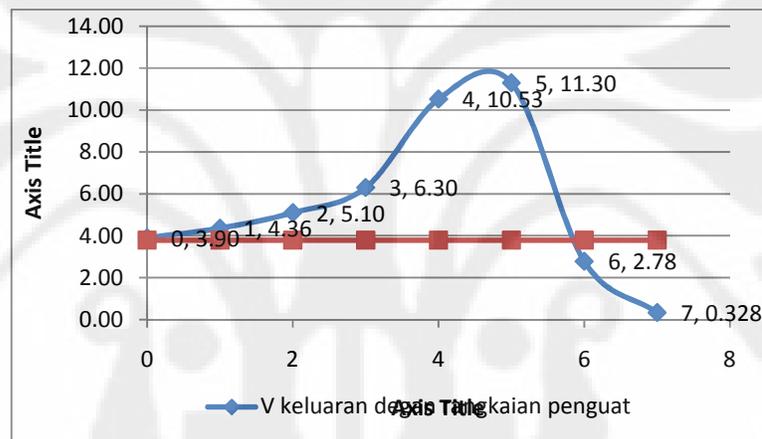


Gambar. 4.4 Pengambilan data percobaan I.b

4.2.3 Rangkaian penguat pada posisi $\frac{3}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau 22,5 cm

Seperti pada percobaan I.1 dan I.2, Percobaan ini dilakukan dengan menjaga parameter-parameter yang terdapat pada sisi pengirim dan penerima adalah tetap dan hanya merubah posisi dari rangkaian penguatnya saja pada posisi $\frac{3}{4}$ jarak $T_X - R_X$ atau sekitar 22,5 cm. Dan kemudian data mengenai tegangan keluaran, frekuensi pada rangkaian pengirim, penerima dan rangkaian penguat juga diukur seperti percobaan sebelumnya..

Data percobaan yang diperoleh terdapat pada lampiran 3. Dan dari data tersebut, diperoleh grafik nilai tegangan keluaran pada setiap perubahan nilai C_s adalah sebagai berikut:



Gambar. 4.5 Grafik percobaan I.c

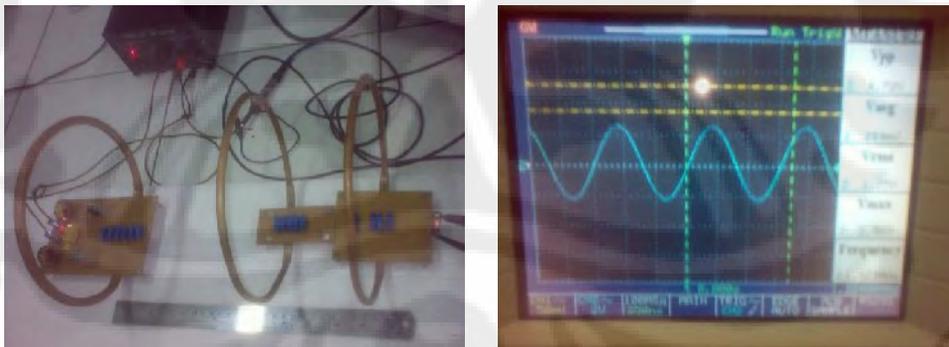
Seperti pada percobaan I.a dan I.b sebelumnya, grafik berwarna merah adalah nilai tegangan keluaran saat rangkaian penguat belum diaplikasikan. Sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik dari nilai tegangan pada sisi beban setelah rangkaian penguat diaplikasikan pada rangkaian *wireless power transfer* yang telah dibangun.

Dari grafik, dapat kita lihat pada nilai C_s antara 1 sampai 5 masih terjadi peningkatan nilai tegangan (rms) pada sisi beban seperti pada percobaan sebelumnya, peningkatan yang terendah tetap terjadi saat rangkaian penguat tidak menggunakan kapasitor atau $C_s=0$ yaitu meningkat sebesar 2,902 % menjadi 3,90 volt dari kondisi tanpa rangkaian penguat yaitu 3,79 volt. Dan peningkatan yang terbesar terjadi saat nilai $C_s=5$ yaitu meningkat sebesar 198,153 % menjadi

198,153 % dari nilai semula, yaitu dari nilai 3,79 volt menjadi 11,30 volt atau hampir 3 kali lipat nilai semula dan yang kedua adalah saat nilai $C_s=4$ yaitu meningkat sebesar 177,836 % menjadi 177,836 % dari nilai semula, yaitu dari nilai 3,79 volt menjadi 10,53 volt . Pada saat nilai C_s berada pada nilai 1 hingga 5, penguatan terjadi seperti pada percobaan sebelumnya yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Sedangkan pada saat C_s bernilai 6 dan 7, maka tegangan pada sisi beban juga akan mulai menurun bahkan hingga mendekati nilai nol. Penurunan sebesar - 91,346 % dari nilai 3,79 volt menjadi 0,328 volt pada sisi beban terjadi pada saat C_s bernilai 7, maka akan terjadi fenomena seperti yang dijelaskan pada analisa percobaan I.a dan I.b sebelumnya yaitu sebelumnya dimana sisi penerima hanya akan menerima sedikit saja daya yang dikirimkan oleh rangkaian pengirim. Hal ini dikarenakan selain rangkaian penguat yang menyerap daya, rangkaian ini juga tidak beresonansi maksimal sehingga tidak dapat mengirimkan daya kepada penerima akibat pengaruh nilai frekuensi yang berbeda dengan frekuensi resonansi sistem.

Berikut akan disajikan suasana saat melakukan percobaan:



Gambar. 4.6 Pengambilan data percobaan I.c

Dari percobaan I ini, diperoleh nilai penguatan besar tegangan pada sisi beban selalu diperoleh pada saat $C_s=5$, hal ini sesuai dengan teori dimana penguatan terbesar atau maksimal terjadi pada saat nilai frekuensi resonansi dari

rangkaian penguat ini memiliki nilai yang sama atau hampir sama dengan nilai frekuensi resonansi sistem yang telah ada.

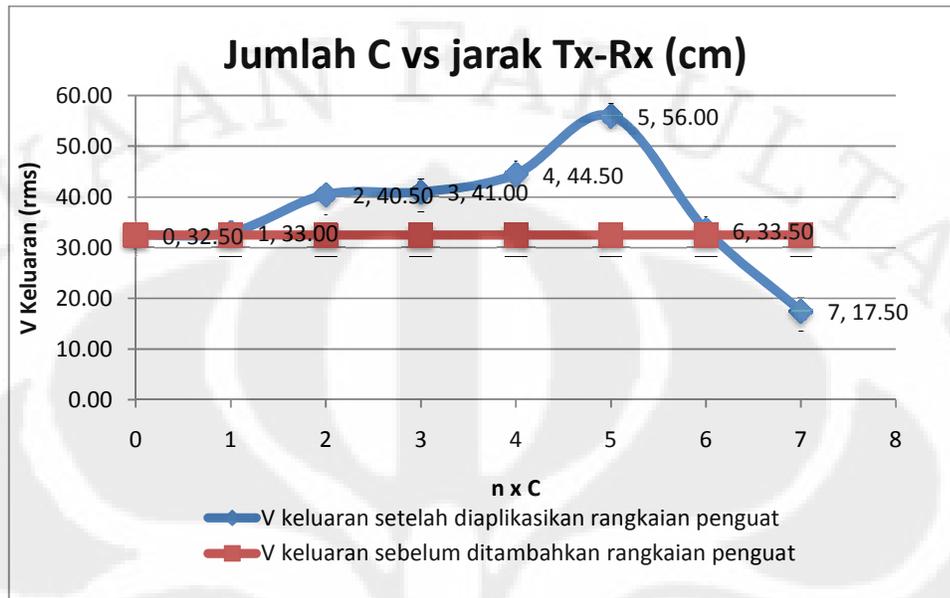
Selain itu, dari grafik dapat kita amati bahwa setiap posisi rangkaian penguat ini akan mempengaruhi besar tegangan kelauran pada sisi beban juga. Hal ini berkaitan dengan besar daya yang dapat ditangkap dari rangkaian pengirim oleh rangkaian penguat ini. Semakin dekat dengan rangkaian sumber, maka rangkaian penguat ini akan dapat menyimpan dan memancarkan daya yang besar, namun dikarenakan semakin jauh dari rangkaian penerima, maka daya yang diterima oleh rangkaian penerima juga akan semakin kecil. Sehingga penguatannya juga kurang maksimal. Hal ini juga terjadi pada saat rangkaian penguat ini terlalu dekat dengan rangkaian penerima.

Dan dari percobaan juga diperoleh bahwa posisi yang paling baik adalah pada saat rangkaian penguat berada dekat dengan rangkaian penerima. Hal ini dibuktikan dengan hasil percobaan dimana nilai terbesar berada saat rangkaian penguat berada dekat dengan rangkaian penerima.

4.3 Analisa Percobaan II

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, Percobaan ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh dari rangkaian penguat (S_x) terhadap jarak transfer maksimal dari sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel ini. Dalam percobaan ini, kita juga dapat melihat komposisi rangkaian penguat yang paling optimal untuk memperoleh jarak yang diinginkan.

Setelah dilakukan percobaan, diperoleh grafik antara nilai kapasitor dan jarak antara *loop* sisi pengirim dan sisi penerima (T_X-R_X). Grafik berwarna merah menunjukkan jarak antara (T_X-R_X) saat sebelum ditambahkan rangkaian penguat. Dan grafik berwarna biru menunjukkan jarak antara (T_X-R_X) saat rangkaian penguat telah diaplikasikan. Dimana data percobaan yang diperoleh terdapat pada lampiran 4. Dan dari data tersebut, diperoleh grafik nilai tegangan keluaran pada setiap perubahan nilai C_s adalah sebagai berikut:



Gambar. 4.6 Grafik percobaan II

Dari grafik diatas, terlihat jarak maksimum dari rangkaian *WirelessPower Transfer* yang telah diperkuat dengan rangkaian penguat dengan nilai C_R mulai dari $C_S=0$ hingga $C_S=7C$. Dimana terjadi penurunan jarak maksimum hanya saat $C_S=7C$ dimana terjadi penurunan sebesar -46,154% yang semula dari jarak 32,5 cm, menjadi hanya 17,5 cm..dan yang lainnya menunjukkan peningkatan mulai dari yang kecil yaitu saat $C_S=0$ yaitu meningkat 0 % hingga terbesar yaitu $C_S=5$ dimana terjadi peningkatan jarak sebesar 72 %.

.pada saat nilai $C_S=0$, tidak terjadi penambahan jarak maksimal dari rangkaian. Hal ini disebabkan, saat nilai $C_S=0$, rangkaian penguat hanyalah sebuah rangkaian terbuka yang tidak memiliki frekuensi resonansi. sehingga rangkaian penguat ini tidak berfungsi untuk menangkap dan meneruskan medan kepada sisi penerima melainkan hanya dilewati saja tanpa terjadi penguatan.

Pada saat nilai $C_S=1$ hingga $C_S=6$, rangkaian penguat akan memiliki frekuensi resonansi yang terdapat rangkaian LC pada rangkaian penguat tersebut. Dimana penguatan yang terjadi bervariasi bergantung pada nilai frekuensi tersebut. Semakin dekat nilai frekuensi pada rangkaian penguat ini dengan

frekuensi sistem resonansi yang telah terbentuk antara rangkaian pengirim dan penerima ini, maka akan semakin besar pula nilai penguatan tegangannya.

Dari perhitungan yang dilakukan, diantara $C_s = 1C$ hingga $C_s = 6C$, frekuensi resonansi yang paling mendekati frekuensi resonansi sistem adalah saat nilai $C_s = 5$ yaitu 1,365 MHz. Dan dari percobaan nilai $C_s = 5C$ memiliki penambahan yang paling besar diantara yang lainnya yaitu 56 cm atau meningkat 72,3 %.

Pada saat nilai $C_s = 6C$ dan $C_s = 7C$, maka frekuensi resonansi berada dibawah frekuensi resonansi sistem, yaitu bernilai 1,2466 MHz dan 1,154 MHz. Sehingga terjadi pelemahan pada sistem resonansi seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.3. pada kondisi $C_s = 6C$, jarak maksimum hanya mendekati nilai 33,5 cm atau mendekati semula disaat tanpa menggunakan rangkaian penguat. Sedangkan saat $C_s = 7C$, frekuensi sangat berbeda sehingga jarak maksimumnya juga akan menurun tajam menjadi hanya 17,5 cm atau terjadi penurunan sekitar 46,154%

BAB 5

KESIMPULAN

Dari skripsi mengenai rangkaian penguat dalam sistem *Wireless Power Transfer* ini, kami memperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. *Wireless Power Transfer* merupakan teknologi penyaluran daya listrik tanpa media konduktor (kabel). Melainkan menggunakan fenomena resonansi elektromagnetik yang dibatasi oleh frekuensi dan jarak, sehingga penambahan rangkaian baru mungkin untuk diaplikasikan.
2. Rangkaian penguat memanfaatkan rangkaian LC sebagai *resonator* yang berfungsi untuk menangkap sebagian gelombang elektromagnetik dari sisi pengirim dan kemudian meneruskannya ke sisi penerima.
3. Resonansi paling optimal terjadi saat nilai frekuensi resonansi dari masing-masing alat adalah sama. Dan saat nilai frekuensi tidak sama, transfer daya tidak lagi menjadi maksimal.
4. Perubahan letak rangkaian penguat sangat mempengaruhi penguatan yang dilakukan oleh rangkaian ini.
5. Penguatan terbesar terjadi pada saat rangkaian penguat berada dekat dengan sisi penerima. Peningkatan tegangan yang terjadi mencapai 295,515% dari nilai semula pada jarak pengiriman 30cm, dengan posisi rangkaian penguat pada 2/3 jarak pengirim-penerima.
6. Penggunaan rangkaian penguat dapat digunakan untuk menambah jangkauan dari *Wireless Power Transfer*.
7. Pada saat frekuensi rangkaian penguat mendekati frekuensi resonansi sistem, rangkaian penguat mampu menambahkan jarak transfer hingga 72,3% dari jarak semula untuk memperoleh nilai tegangan yang sama.

DAFTAR ACUAN

- [1] J. MCSpadden and J. Mankins, "Space solar power programs and microwave wireless power transmission technology", *Microwave Magazine*, IEEE, vol. 3, no. 4, pp. 46–57, Dec 2002.
- [2] Hayt, William H., John A. Buck "Engineering Electromagnetics, Seventh Edition" McGraw-Hill Companies
- [3] http://www.allaboutcircuits.com/vol_2/chpt_6/2.html
- [4] budisanto-ypm.blogspot.com/2010/05/matakuliah-dasar-mesin-listrik.html?zx=f56dcaafa46c3162
- [5] Octora, Michael, "Rancang Bangun Rangkaian Penerima Dalam Sistem Pengiriman Daya Listrik Tanpa Kabel" *skripsi, Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2010*
- [6] Kautsar, Helmy," Analisis Serta Perancangan Transmitter Pada Penghantar Listrik Tanpa Kabel Menggunakan *Royer Oscilator*" *skripsi, Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2010*
- [7] electronics.howstuffworks.com/wireless-power.htm/printable
- [8] www.xearththeory.com/introdis_earth_electromagnetic_coil_transformers_step_up_down.html
- [9] ngadimin.com/2009/06/16/flickr-cable-spaghetti/
- [10] cahyo-yw.blogspot.com/2008/03/transmisi-baru-metro-tv-djogja.html
- [11] people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu_lectures/lecture5/lecture_5.html
- [12] elpensaderodemaitena.blogspot.com/2009/11/sobre-el-dinero-la-ciencia-y-el-lhc.html
- [13] fisika.web.id/OIMM/Best_Design/garis_medan_magnetik_mater_2.html
- [14] jardiknas.depdiknas.go.id/index.php?option=com_kunena&Itemid=437&func=view&catid=30&id=775
- [15] www.pas.rochester.edu/~afrank/A105/LectureV/LectureV.html

DAFTAR PUSTAKA

Sample, Alanson P., Student Member, IEEE; David T. Meyer, "Analysis, Experimental Results, and Range Adaptation of Magnetically Coupled Resonators for Wireless Power Transfer" *IEEE journal*, February 2010

Cannon L, Benjamin, James F. Hoburg, Daniel D. Stancil, Seth Copen Goldstein "Magnetic Resonant Coupling As a Potential Means for Wireless Power Transfer to Multiple Small Receivers" *IEEE Transactions On Power ElectroniCS*, Vol. 24, No. 7, July 2009

Chunbo Zhu, Kai Liu, Chunlai Yu, Rui Ma, Hexiao Cheng. "Simulation and Experimental Analysis on Wireless Energy Transfer Based on Magnetic Resonances". *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, September 3-5, 2008, Harbin, China.

http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/LC_Oscillations_and_Resonance.html

Marincic, A.S. "Nikola Tesla And The Wireless Transfer Of Energy". *IEEE Transactionson Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-10., No.10 October 1982.

Mazlouman , Shahrzad Jalali., Mahanfar, Alireza., Kaminska, Bozena. "Mid-range Wireless Energy Transfer Using Inductive Resonance for Wireless Sensors". *IEEE Journal*. (2009).

Osepchuk, John M. "How Safe Are Microwaves And Solar Power From Space?". *IEEE Microwaves Magazine*, 58-64. December, 2002.

Shipley, Jonathan S. "Incorporating Wireless Power Transfer In An LED Lighting Applications". *Thesis. Brigham Young University*. (2006).

Vandevoorde G, Puers R. "Wireless Energy Transfer For Stand Alone System: Comparison Between Low and High Power Applicability". *Sensors and Actuators*, A 92, 305-311. (2001).

Wenhao Zheng, et al., "A Wireless Energy Transmission System based on Electromagnetism Induction for Remote Controlled Capsule". *IEEE Journal*. (2005).

Wenzhen Fu, Bo Zhang., Dongyuan Qiu., Wei Wang. "Analysis of Transmission Mechanism and Efficiency of Resonance Coupling Wireless Energy Transfer System". *IEEE Journal*. (2007).

LAMPIRAN,

Percobaan I									
Jarak Rx Konstan pada 30 cm									
Jarak Sx Konstan pada posisi 1/4 jarak Tx-Rx (7,5cm)									
Beban : Lampu 12V 8W									
Tx V(rms) (Volt)	Sx		V(rms) (Volt)	V(rms) (Volt)	Rx		Jarak (Tx-Rx) (Cm)	% peningkatan tegangan	tegangan awal
	Cs	Tanpa menggunakan Sx			Cr				
22.90				3.79		5	30.00		
23.10	0	3.97		3.96		5	30.00	4.485	3.79
22.90	1	4.20		4.13		5	30.00	8.971	3.79
23.10	2	5.15		4.30		5	30.00	13.456	3.79
23.20	3	7.30		4.50		5	30.00	18.734	3.79
22.70	4	10.70		4.95		5	30.00	30.607	3.79
22.90	5	19.10		5.94		5	30.00	56.728	3.79
22.50	6	14.20		4.28		5	30.00	12.929	3.79
22.90	7	16.00		0.0718		5	30.00	-98.106	3.79

Lampiran 1

Data percobaan Ia

Percobaan I									
Jarak Rx Konstan pada 30 cm									
Jarak Sx Konstan pada posisi 1/2 jarak Tx-Rx (15cm)									
Beban : Lampu 12V 8W									
Tx V(rms) (Volt)	Sx		V(rms) (Volt)	V(rms) (Volt)	Rx		Jarak (Tx-Rx) (Cm)	% peningkatan tegangan	tegangan awal
	nC	Tanpa menggunakan Sx			Jumlah Kapasitor				
22.90				3.79		5	30.00		
23.10	0	1.97		3.92		5	30.00	103.430	3.79
22.90	1	2.20		4.22		5	30.00	11.346	3.79
23.10	2	2.95		4.60		5	30.00	21.372	3.79
23.20	3	4.15		5.10		5	30.00	34.565	3.79
22.70	4	7.07		6.60		5	30.00	74.142	3.79
22.90	5	16.90		11.2		5	30.00	195515.000	3.79
22.50	6	8.88		4.01		5	30.00	5.805	3.79
22.90	7	4.40		0.092		5	30.00	-97.563	3.79

Lampiran 2

Data Percobaan Ib

Percobaan I									
Jarak Rx Konstan pada 30 cm									
Jarak Sx Konstan pada posisi 3/4 Jarak Tx-Rx (22,5cm)									
Beban : Lampu 12V 8W									
Tx V(rms) [Volt]	Sx		V(rms) [Volt]	V(rms) [Volt]	Rx		Jarak (Tx-Rx) (Cm)	% peningkatan tegangan	tegangan awal
	nC	Tarpa menggunakan Sx			Jumlah Kapasitor	Jumlah Kapasitor			
22.90	0	1.40	3.79	3.90	5	5	30.00		3.79
23.10	1	1.60	4.36	4.36	5	5	30.00	2.302	3.79
23.10	2	2.20	5.10	5.10	5	5	30.00	15.040	3.79
23.20	3	3.50	6.30	6.30	5	5	30.00	34.565	3.79
22.70	4	7.20	10.53	10.53	5	5	30.00	66.227	3.79
22.90	5	9.18	11.30	11.30	5	5	30.00	177.836	3.79
22.50	6	4.60	2.78	2.78	5	5	30.00	198.153	3.79
22.90	7	4.20	0.328	0.328	5	5	30.00	-26.649	3.79
								-91.346	3.79

Lampiran 3

Data percobaan I.c

Percobaan II									
V (Tx) konstan									
V (Rx) konstan : ± 3V									
Beban : Lampu 12V 8W									
Tx V(rms) [Volt]	Sx		V(rms) [Volt]	V(rms) [Volt]	Rx		Jarak (Tx-Rx) (Cm)	jarak awal	% penambahan jarak
	Jumlah Kapasitor	nC			Jumlah Kapasitor	nC			
22.70	0	3.03	3.03	3.03	5	5	32.50	32.50	0.000
22.80	1	3.00	3.00	3.00	5	5	32.50	32.50	1.538
22.90	2	3.03	3.03	3.03	5	5	32.50	32.50	24.615
23.00	3	3.01	3.01	3.01	5	5	32.50	32.50	26.154
22.60	4	3.02	3.02	3.02	5	5	32.50	32.50	36.923
22.70	5	3.03	3.03	3.03	5	5	32.50	32.50	72.308
23.00	6	3.01	3.01	3.01	5	5	32.50	32.50	8.077
23.10	7	3.04	3.04	3.04	5	5	32.50	32.50	-46.154

Lampiran 4

Data percobaan II

