

PEMANCAR PADA TRANSMISI ENERGI LISTRIK TANPA KABEL

Atik Charisma, Een Taryana, Dede Irawan Saputra

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jendral Sudirman, Cimahi, Jawa Barat, 40285,
atikcharisma@gmail.com

Abstrak

Energi listrik menjadi sebuah kebutuhan penting untuk menunjang kehidupan dan aktifitas manusia. Seiring dengan pemenuhan kebutuhan energi listrik maka penelitian yang terkait dengan sistem transmisi juga semakin berkembang. Salah satu metode yang saat ini telah digunakan yakni pada pengisian baterai HP tanpa menggunakan kabel (*Wireless Power Transfer WTP*). Sistem tersebut tentunya didukung oleh berbagai komponen. Pemancar merupakan salah satu bagian dari sistem transmisi energi listrik tanpa kabel. Pada penelitian dibahas tentang pemancar pada frekuensi 13,7 MHz untuk transmisi energi listrik tanpa kabel. Perancangan menggunakan metode Wien Bridge yang dapat menghasilkan tegangan sebesar 17,2 Volt dengan efisiensi 90,6% pada frekuensi 13,7 MHz.

Kata kunci: pemancar, Wien Bridge, WTP

Abstract

In this time, electrical energy is an important requirement to support human life and activity. Along with meeting the needs of electricity, the research related to the transmission system is also growing. One method that is currently used is to charge HP batteries without using cable (*Wireless Power Transfer WTP*). This system is certainly supported by various components. The transmitter is one part of wireless power transfer. This paper discussed about the transmitter at a frequency 13,7 MHz for wireless power transfer. The design used the Wien Bridge method which can produced 17,2 Volt with efficiency 90,6% at a frequency 13,7 MHz

Keywords : transmitter, Wien Bridge, WTP

PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi sebuah kebutuhan penting untuk menunjang kehidupan manusia pada saat ini. Seiring dengan pemenuhan kebutuhan energi listrik maka penelitian yang terkait dengan sistem transmisi juga semakin berkembang. *Wireless power transfer* merupakan salah satu metode penransmisian energi listrik melalui media udara sehingga energi listrik dapat ditransmisikan dari suatu sumber listrik menuju beban tanpa melalui kabel (Valvone, 2003).

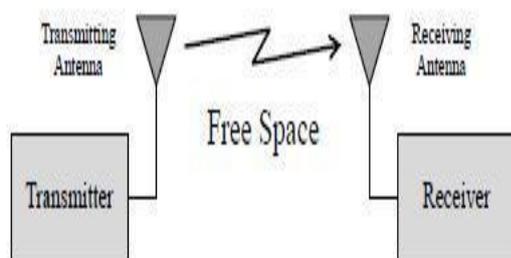
Metode tersebut dapat mengurangi penggunaan kabel sebagai media penyaluran daya karena digantikan oleh sistem *wireless*. Penelitian terkait *wireless power transfer* sangat penting karena transfer energi listrik tanpa kabel memiliki kelebihan dibandingkan

dengan kabel salah satunya akan meningkatkan kenyamanan pemakaian peralatan listrik dan mengurangi rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh kabel. Selain itu, metode tersebut memiliki kelebihan lainnya yakni :

1. Memberikan sumber listrik tanpa kabel secara langsung, yaitu ketika peralatan elektronik tanpa baterai membutuhkan daya listrik akan tetapi tidak ada kabel disekitarnya maka alat pengiriman daya listrik tanpa kabel akan berfungsi selama masih berada dalam area jangkauan

2. Mengisi ulang secara otomatis tanpa kabel, yaitu ketika suatu alat elektronik yang menggunakan baterai yang dapat diisi ulang membutuhkan isi ulang baterai maka alat tersebut juga dapat digunakan.

Konsep umum pengiriman energi listrik tanpa kabel terbagi atas dua bagian yakni *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima) (Settapong, 2017). Sinyal microwave ditransmisikan menggunakan sebuah antena di bagian pengirim melalui udara. Kemudian penerima mengkonversikan sinyal *microwave* tersebut ke tegangan AC menggunakan antena di bagian penerima seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambaran umum transmisi sinyal *microwave* (Settapong, 2017)

Operational Amplifier (*Op Amp*)

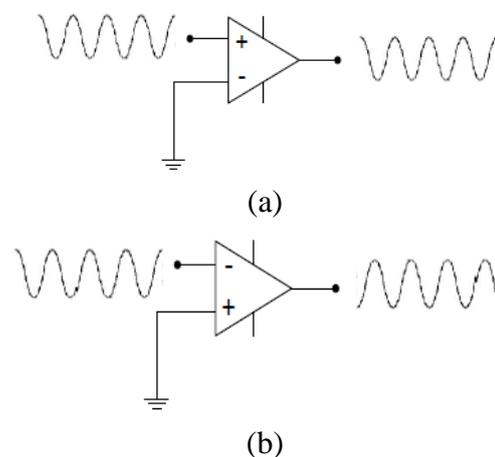
Operational amplifier (Op Amp) pertama kali digunakan dalam komputer-komputer analog untuk melakukan operasi-operasi matematis, kini tersedia dalam kinerja yang tinggi, harga murah, bentuk rangkaian terintegrasi. Pengembangan rangkaian terpadu *Op Amp* berupa IC di luar negeri telah ada sejak tahun 1960, pertama telah dikembangkan pada “chip” silikon tunggal. Rangkaian terpadu itu merupakan susunan antara transistor, dioda sebagai penguat beda dan pasangna Darlington. Kemudian tahun 1963 industri semikonduktor Fairchild memperkenalkan IC *Op Amp* pertama kali μA 702, yang mana merupakan pengembangan IC *Op Amp* yang lain sebelumnya, dimana tegangan sumber (catu daya) dibuat tidak sama yaitu $+UCC = +12\text{ V}$ dan $-UEE = -6\text{ V}$, dan resistor inputnya rendah sekali yaitu (40 KW) dan gain tegangan (3600 V/V) (Nuryanto, 2017).

Operational Amplifier (Op-Amp) merupakan sebuah komponen analog yang mempunyai dua masukan dan satu keluaran. *Op Amp* banyak digunakan sebagai penguat sinyal yang linier maupun *non* linier. Penguat linier adalah penguatan yang mempertahankan bentuk sinyal masukan, contohnya penguat *non inverting*, *inverting*, diferensial dan

penguat instrumentasi. Sedangkan penguat *non* linier yaitu penguat yang bentuk sinyal keluarannya tidak sama dengan bentuk sinyal masukan, seperti komparator, integrator, diferensiator, pengubah bentuk gelombang dan pembangkit gelombang. *Op Amp* memiliki beberapa fungsi antara lain :

1. Filter aktif
2. Memperkuat tegangan (*voltage amplifier*)
3. Buffer
4. Memperkuat jumlah atau selisih pada kedua tegangan sumber (*summing/subtracting amplifier*)

Tegangan masukan *Op Amp* terdiri dari masukan pembalik (*inverting*) dan masukan non-pembalik (*non inverting*). Jika sinyal melalui masukan non-pembalik atau positif (+) maka keluarannya akan sefase dengan masukannya. Sehingga jika masukannya positif maka keluarannya akan positif juga. Jika sinyal melalui masukan pembalik atau negatif (-) maka keluarannya akan berkebalikan atau berbeda fase 180° . Sehingga jika masukannya positif maka keluarannya akan negatif. Berikut ilustrasi pembaik masukan menggunakan penguat operasional yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tegangan masukan (a) *non-inverting* (b) *inverting*

Pada prinsipnya sebuah penguat operasional (*Op Amp*) ideal memiliki impedansi masukan yang sangat besar hingga dinyatakan sebagai impedansi masukan tak berhingga (*infinite input impedance*) (Nuryanto, 2017). Perbedaan sinyal masukan

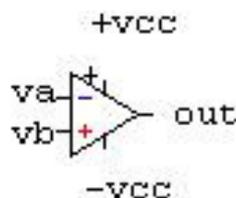
yang sangat kecil pada kedua kaki masukan *Op Amp* dapat membuat keluaran dari *Op Amp* langsung tersaturasi pada rangkaian *Op Amp* yang terbuka. Hal tersebut menyebabkan keluaran dari *Op Amp* menjadi tidak linier (Septiawan, 2015). Oleh karena itu dibuthkan rangkaian umpan balik negatif yang memberikan sebagian fraksi sinyal dari kaki keluaran menuju kaki masukan *inverting* dari *Op Amp* agar keluarannya menjadi stabil. Sebagai *amplifier* ideal *Op Amp* mempunyai karakteristik sebagai berikut (Ahmad, 2007) :

1. Ditentukan oleh umpan balik dan mempunyai sifat :
 - a. Penguatan tegangan besar (A_v)
 - b. Penguatan arus besar (A_i)
 - c. Penguatan daya besar (A_p)
 - d. Impedansi input besar (Z_{in})
 - e. Impedansi output kecil (Z_{out})
 - f. *Bandwidth* besar (B_w)
2. Mempunyai tegangan +, tegangan – dan *ground*
3. Mempunyai *input inverting* dan *non inverting*

Penguatan adalah salah satu dari fungsi-fungsi dasar rangkaian elektronika. Pada saat sinyal tegangan atau sinyal arus diberikan pada terminal input dari suatu *amplifier* (penguat), sinyal tegangan atau sinyal arus yang lebih besar akan tersedia pada terminal output. *Op Amp* memiliki empat mode penguatan, yaitu :

- a. Mode loop terbuka

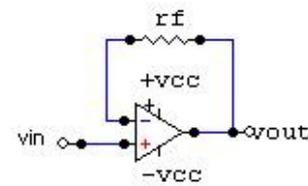
Penguatan yang ditunjukkan pada Gambar 3 mempunyai $A_v \text{ max}$ di mana $V_{out} = (v_b - v_a) 90\% V_{cc}$



Gambar 3. Mode *loop* terbuka (Ahmad, 2007)

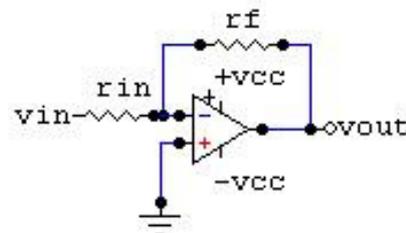
- b. Mode loop tertutup

Rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 4 mempunyai penguatan $A_v < \text{max}$



Gambar 4. Mode *loop* tertutup (Ahmad, 2007)

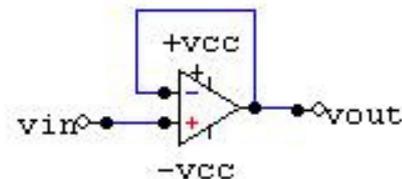
- c. Mode penguatan terkendali
Rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 5 mempunyai penguatan $A_v = r_f/r_{in}$ di mana $V_{out} = -(r_f/r_{in}) V_{in}$



Gambar 5. Mode penguatan terkendali (Ahmad, 2007)

- d. Mode penguatan satu

Rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki ciri-ciri $V_{out} = V_{in}$, $A_v = 1$, $V_{out} = A_v \cdot V_{in} = 1 \cdot V_{in}$, $V_{out} = V_{in}$



Gambar 6. Mode penguatan satu (Ahmad, 2007)

Osilator

Osilator adalah elemen penting dalam berbagai peralatan elektronik (Assa'idah, 2012). Osilator memiliki berbagai fungsi, antara lain (Assa'idah, 2012) :

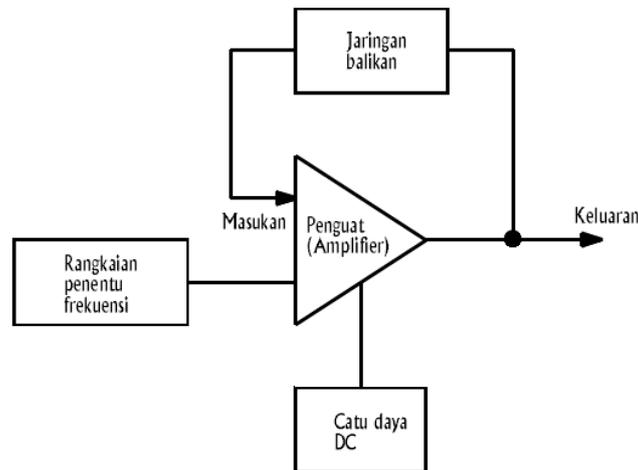
1. Pada jam digital, osilator berfungsi untuk memastikan waktu yang ditunjukkan adalah waktu yang tepat.

2. Pada komputer, osilator berfungsi sebagai penyedia sinyal dengan frekuensi yang stabil untuk menentukan seberapa cepat prosesornya bekerja.

3. Pada komunikasi *wireless*, osilator berfungsi untuk menghasilkan gelombang pembawa dan mengubah sinyal yang diterima sehingga siaran bisa terlaksana.

Osilator merupakan suatu alat gabungan dari komponen aktif dan pasif untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal, segitiga, pulsa atau gelombang periodik lainnya. Penguat tegangan umpan balik positif

diperlukan untuk membuat sebuah osilator sinusoidal. Gagasannya ialah menggunakan sinyal umpan balik sebagai sinyal masuk. Dengan kata lain, sebuah osilator adalah sebuah penguat yang telah diubah dengan umpan balik positif sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberikan sinyal masuk. Berikut diagram blok osilator pada Gambar 7.



Gambar 7. Bagian-bagian utama osilator balikan

Jenis-jenis Osilator

1. Osilator *Wien Bridge*

Osilator *Wien Bridge* adalah sebuah osilator yang bisa membangkitkan sinyal sinusoidal berfrekuensi 1 KHz sampai dengan 1 MHz (Fuada, 2014). Pada rentang frekuensi tertentu, osilator *wien bridge* pada gambar 8 bisa membangkitkan gelombang yang periodik (Clarke, 1953).

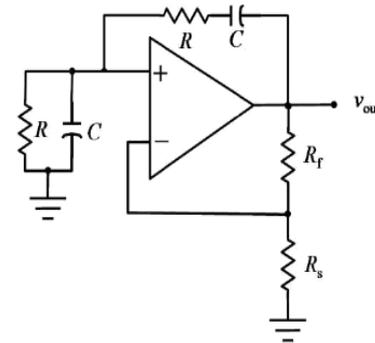
$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

Keterangan:

f = frekuensi (Hz)

R = resistor (Ω)

C = kapasitor (F)



Gambar 8. Rangkaian osilator *Wien Bridge*

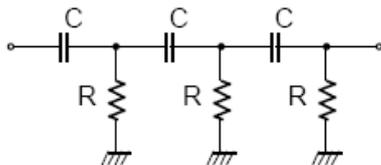
Pada persamaan 1 berlaku hubungan $R=R_1 =R_2$ dan $C=C_1=C_2$ sebagai penentu frekuensi *output*. Persamaan 1 akan menjadi acuan utama untuk penentuan komponen yang akan digunakan. Pada osilator *Wien Bridge* penguatan yang terjadi antara sinyal input dan *output* sebesar *k* kali lipat seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$1 + \frac{R_f}{R_s} = k \quad (2)$$

Persamaan 2 mempengaruhi penguatan yang terjadi pada rangkaian untuk mendapatkan stabilitas pada keluaran yang dihasilkan maka persamaan 2 tersebut harus terpenuhi. Apabila besar R dan C tidak diatur sedemikian rupa maka akan menyebabkan rangkaian menjadi tidak stabil sehingga pembacaan menjadi tidak akurat. Pada perancangan osilator bisa menggunakan kapasitor kristal. Kapasitor tersebut berfungsi untuk meningkatkan kestabilan frekuensi yang sangat tinggi. Osilator *Wien Bridge* memiliki kelemahan yakni distorsi yang lebih besar. Namun kelemahan tersebut dapat diatasi dengan pemilihan komponen yang tepat dan pemakaian komponen eksternal sehingga lebih stabil dan distorsi bisa berkurang

2. Osilator Penggeser Fase

Osilator tersebut memiliki sebuah filter umpan balik yang menggeser fase 180° fasa dari frekuensi osilasi. Pada frekuensi osilasi tegangan input dan output penguat berbeda fasa 180° . Perbedaan ini diperoleh dari jaringan tangga RC tiga tingkat menggunakan umpan balik tunggal seperti pada Gambar 9 (Assa'idah, 2012).

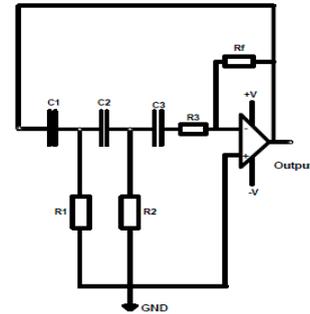


Gambar 9. Jaringan tiga tangga RC osilator penggeser fasa (Assa'idah, 2012)

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \quad (3)$$

Adapun f_r adalah frekuensi resonansi, R resistor dan C kapasitor. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 10 yang mana osilator penggeser fasa menggunakan komponen pasif yang lebih banyak. Keluarannya terjadi pergeseran fase dengan

frekuensi yang lebih stabil dan penguatan amplitude yang besar. Akan tetapi memiliki kelemahan yakni dari segi suhu, di mana kerja komponen pasifnya akan mudah terpengaruh sehingga hasilnya menjadi kurang akurat.

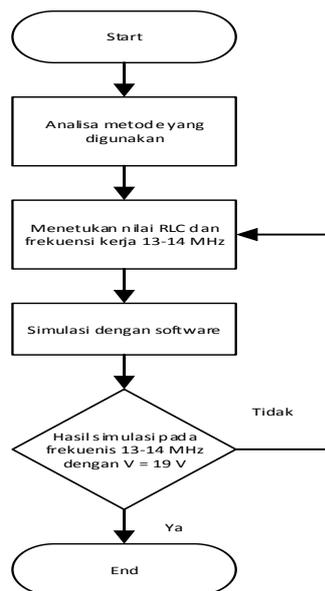


Gambar 10. Osilator penggeser fase (Assa'idah, 2012)

METODE

Pada tahap awal penelitian dilakukan desain dan perancangan sebuah rangkaian pemancar untuk mentransmisikan sinyal dari udara ke perangkat berdasarkan studi literatur dan penelitian terkait sebelumnya. Metode yang digunakan pada perancangan osilator tersebut adalah Osilator Wien Bridge dimana akan dibangkitkan suatu sinyal sinusoidal dengan frekuensi antar 13,7 MHz.

Metode tersebut menggunakan beberapa komponen RLC dengan nilai tertentu. Oleh sebab itu maka terlebih dahulu menghitung nilai RLC pada frekuensi kerja yang telah ditentukan. Setelah melakukan perhitungan nilai RLC maka komponen-komponen tersebut disimulasikan dengan bantuan *software*. Berdasarkan hasil simulasi nantinya akan dibangkitkan atau -diperoleh nilai frekuensi sebesar 13,7 MHz dengan tegangan 19 V. Apabila hasil simulasi tidak memenuhi spesifikasi yang ingin dicapai maka dilakukan kembali perhitungan nilai RLC dan mengoptimasinya. Hal tersebut digambarkan pada flowchart penelitian.



Gambar 11. Flowchart perancangan osilator

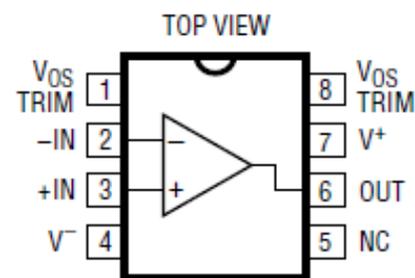
Tabel 1. Spesifikasi rangkaian pemancar

Parameter	Nilai
Tegangan keluaran minimum	19 V
Frekuensi	13,7 MHz
Tagangan Catu daya	20 V

Spesifikasi rangkaian pemancar yang ditunjukkan pada Tabel 1 menjadi acuan untuk perancangan osilator dengan terlebih dahulu menentukan Op-Amp yang digunakan. Komponen tersebut harus memenuhi persyaratan gain, bandwidth, dan slew rate. Berdasarkan hasil survey, maka komponen Op-Amp yang cocok adalah LT1037 yang diproduksi oleh analog devices. Adapun spesifikasi komponen tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi LT1037

Parameter	Nilai
Catu daya maksimum	22 V
Bandwidth	60 MHz
Slew rate	15 V/ μ s



Gambar 12. Op Amp LT1037

Slew rate yang dimiliki oleh LT1037 pada gambar 12 bernilai rendah namun tidak akan berpengaruh banyak pada gelombang yang dihasilkan. Dalam melakukan perancangan osilator dengan metode *Wien Bridge* nilai *gain* harus ditentukan terlebih dahulu. *Gain* rangkaian harus besar dari satu untuk mengkompensasi rugi-rugi yang terjadi pada bagian *feedback* yang membangkitkan frekuensi. Pada penelitian, nilai *gain* diasumsikan 3, maka nilai $R=R_1=R_2$ pada dengan asumsi nilai kapasitor 2 pF. Setelah menentukan nilai *gain* dan kapasitor langkah selanjutnya menentukan nilai R.

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$1370\text{Hz} = \frac{1}{2\pi \times R \times 2 \times 10^{-12}\text{F}}$$

$$R = \frac{1}{172,072 \times 10^{-6}}$$

$$R = 5,811 \times 10^3 \Omega$$

$$R = 5,811\text{k}\Omega$$

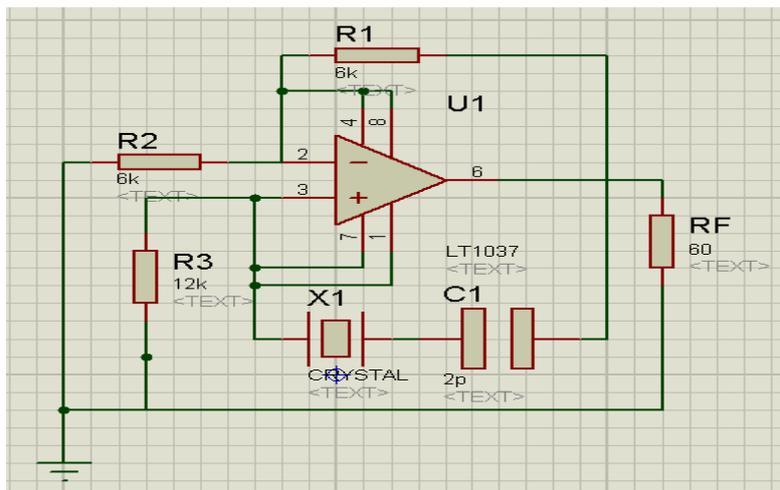
Berdasarkan nilai gain yang ditentukan sebesar 3 kali dan R_G diasumsi sebesar 30Ω maka dapat dihitung besar R_F sebagai berikut

$$1 + \frac{R_F}{R_G} = 3$$

$$1 + \frac{R_F}{30\Omega} = 3$$

$$R_F = 60\Omega$$

Nilai-nilai komponen yang telah dihitung kemudian dimasukkan kedalam simulasi dengan bantuan *software*. Adapun rangkaian osilator berdasarkan perhitungan digambarkan pada Gambar 13.

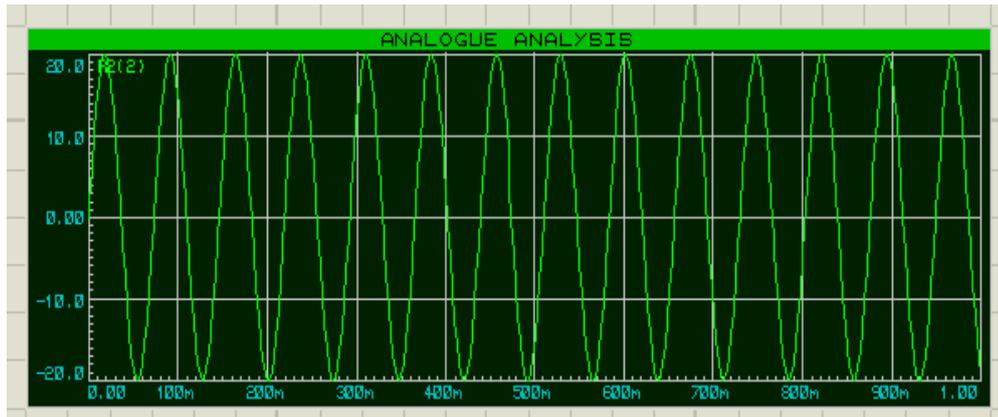


Gambar 13. Skema rangkaian osilator *Wien Bridge*

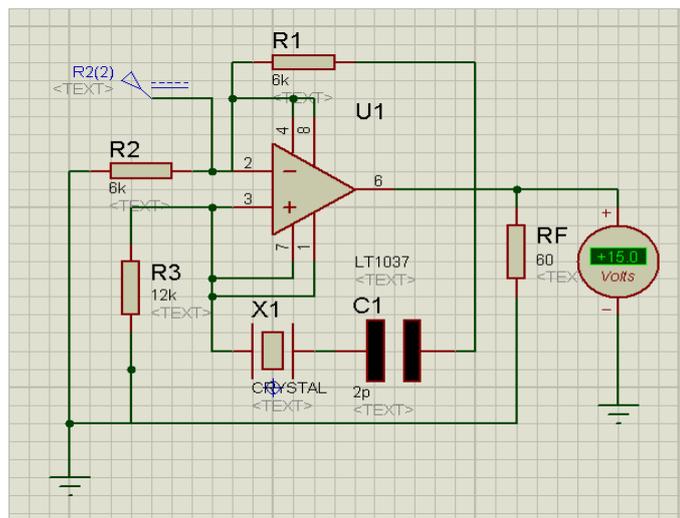
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian menghasilkan sebuah rancangan rangkaian osilator sebagai pemancar pada transmisi energi listrik tanpa kabel. Pemancar yang dirancang diharapkan mampu menghasilkan tegangan sebesar 19 Volt dengan melakukan perhitungan nilai komponen-komponen. Pada perhitungan tersebut diperoleh nilai $R_1=R_2= 5,8 \text{ k}\Omega$ dan $R_3 = 11,6 \text{ k}\Omega$ serta kapasitor sebesar 2 pF untuk

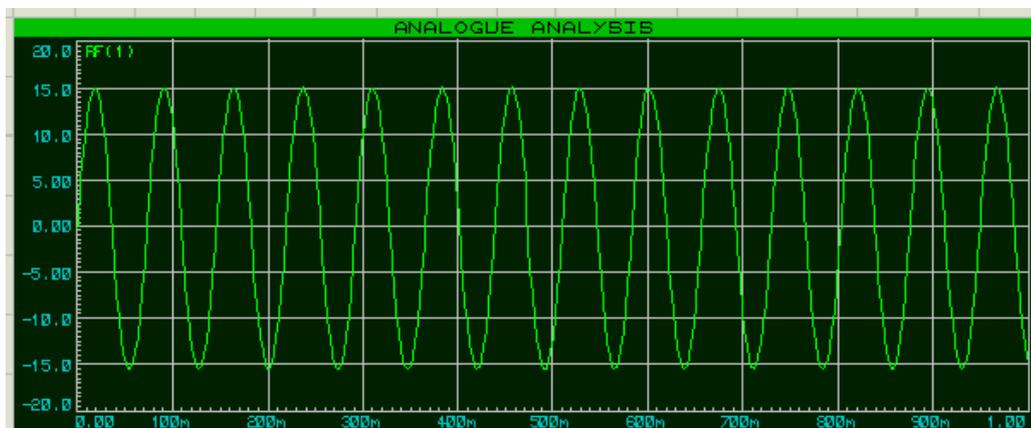
menghasilkan frekuensi $13,7 \text{ MHz}$. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibulatkan menjadi $6 \text{ k}\Omega$ dan $12 \text{ k}\Omega$. Penggunaan resistor dan kapasitor yang digunakan berdasarkan perhitungan tersebut bisa saja terjadi pergeseran frekuensi walaupun telah menggunakan kristal 14 MHz . Nilai R_F dan R_G sesuai persamaan 2 diperoleh nilai R_F dengan syarat 2 kali lebih besar dari R_G . Dengan catu daya sebesar 20 V menghasilkan keluaran seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Catu daya sebesar 20 V



Gambar 15. Hasil simulasi osilator berdasarkan perhitungan



Gambar 16. Hasil simulasi osilator berdasarkan perhitungan

Pada Gambar 16 berdasarkan nilai komponen yang diperoleh dari perhitungan dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 15 V. Hasil tersebut belum mencapai spesifikasi dari

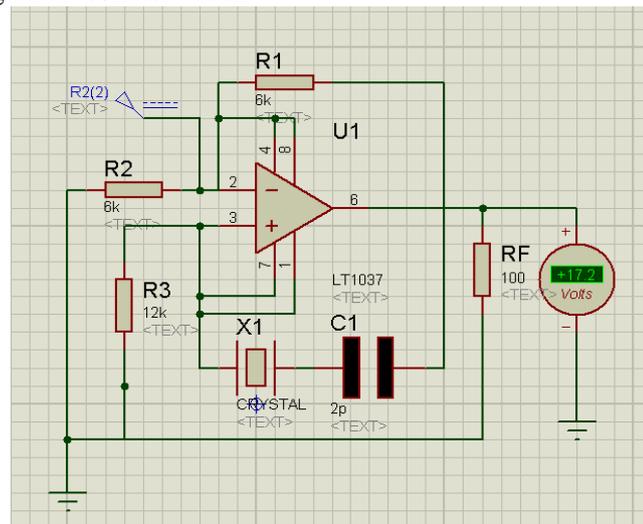
osilator. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi pada nilai dari komponen-komponen yang terkait. Dalam hal tersebut, peneliti mengoptimasi nilai R_F dengan menggunakan

resistor variabel hingga mencapai hasil osilator yang sesuai spesifikasi dengan tegangan sebesar 19 V.

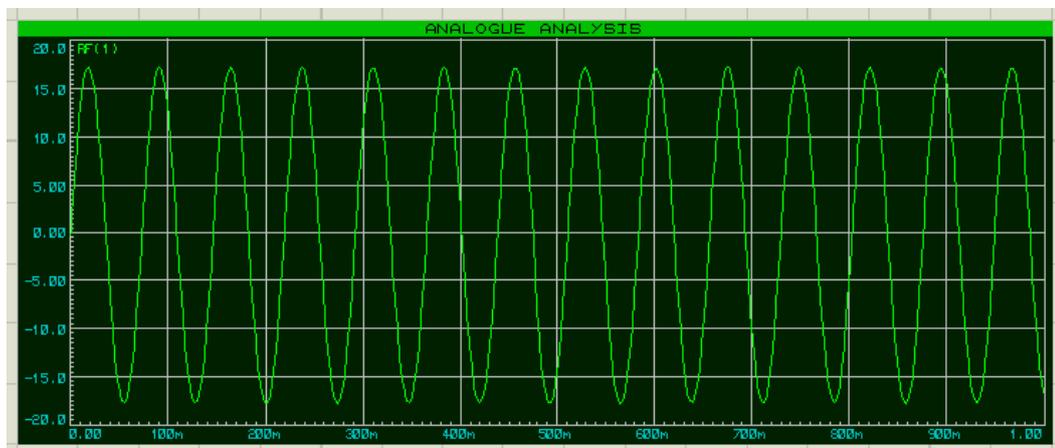
Berikut Optimasi pada rangkaian osilator seperti pada Gambar 17 mampu menghasilkan tegangan sebesar 17,2 Volt. Tegangan yang dihasilkan di Gambar 18 mengalami kenaikan sebesar 2,2 Volt dari rangkaian awal osilator yang berdasarkan hasil perhitungan nilai komponen.

Secara teori, kapasitor berpengaruh terhadap frekuensi gelombang keluaran. Dengan bantuan simulasi, ternyata frekuensi gelombang keluaran rangkaian osilator tidak

berpengaruh apabila nilai kapasitor dinaikkan. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan kristal dalam mode serial sehingga kapasitor pada rangkaian dan kapasitor yang ada dalam kristal juga terhubung secara seri. Nilai kapasitor total yang dihasilkan dari dua buah kapasitor seri sama halnya dengan menghubungkan dua buah resistor secara paralel. Pada sebuah kasus, nilai kapasitor dalam kristal yang cenderung kecil akan mendominasi sehingga perubahan yang terjadi dengan menaikkan nilai kapasitor pada rangkaian tidak terlalu berpengaruh.



Gambar 17. Rangkaian osilator setelah optimasi



Gambar 18. Hasil simulasi rangkaian osilator setelah optimasi

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{(19 - 17,2)V}{19V} \times 100\% \\ &= 9,4\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dioptimasi dengan hasil tegangan maksimum yang dapat dicapai masih di bawah spesifikasi. Perancangan osilator tersebut memiliki

efisiensi sebesar 90,6 % dengan *error* sebesar 9,4 %.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi perancangan pemancar pada tranmisi energi tanpa kabel yakni dengan menggunakan osilator diperoleh tegangan keluaran sebesar 17,2 V dengan efiseinsi 90,6%.

Besar resistor R_f mempengaruhi tegangan yang dihasilkan yakni semakin tinggi nilai R_f maka tegangannya juga akan semakin meningkat. Oleh sebab itu, pemilihan nilai komponen R dan C diatur sedemikian rupa agar diperoleh rangkaian yang stabil dengan *gain* yang harus besar daripada satu untuk mengkompensasi rugi-rugi yang terjadi pada bagian *feedback* yang membangkitkan frekuensi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memberikan dana untuk penelitian tahun anggaran 2018/2019.

DAFTAR PUSTAKA

Assa'idah. 2012. Simulasi, Desain, dan Pembuatan PCB 2 Tipe Osilator dengan Performa Terbaik. SIMETRI Jurnal Ilmu Fisika Vol 1 No 2 (C)

Clarke, K. 1953. Wien bridge oscillator design, *Proc. IRE*, pp. 246–249

Fuada, S. 2014. Pengujian *Trainer Oscillator Wien Bridge* (Jembatan Wien) dengan Menggunakan Osiloskop dan Frekuensi Counter. *Pros. SENTIA*, vol. 6, pp. 32–36,

Nuryanto, L. E. 2017. Penerapan dari Op Amp (Operational Amplifier). *ORBITH Vol. 13 No.1* pp 43-50

Septiawan, R.R. 2015. Modul 04: *Op Amp Penguat Inverting, Non-Inverting, dan Comparator* dengan Histerisis

Settapong, M. 2017. *Design of Antennas for Rectenna System if Wireless Power Transfer in the LTE/WLAN Frequency Band. Journal of Clean Energy Technologies*, Vol 5

Valone, Thomas, F. 2003. *Tesla's Wireless Energy for the 21st Centur. Extraordinary Technology Volume 1, Issue 4*