

TRANSMISI DAYA TANPA KABEL (*WIRELESS*) UNTUK PENGISIAN BATERAI SECARA OTOMATIS DENGAN KOMBINASI INDUKSI MAGNETIK DAN RESONANSI PADA SISI TRANSMITER

Irwan Pambudi, Dr. Rusminto Tjatur Widodo, MT
Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS, Sukolilo Surabaya

Listrik merupakan suatu kebutuhan utama yang diperlukan manusia. Kemajuan teknologi yang pesat saat ini mendorong manusia untuk melakukan inovasi baru dalam hal transmisi daya dengan menggunakan teknologi wireless. Metode yang dipakai adalah kombinasi induksi magnetik dan resonansi. Hal ini menyebabkan kondisi pengisian baterai secara aman karena terisolasi secara elektrik antara transmitter daya dengan pengguna. Teknologi transmisi daya secara wireless dapat diaplikasikan pada pengisian baterai untuk peralatan elektronik yang sifatnya portabel seperti handphone maupun laptop.

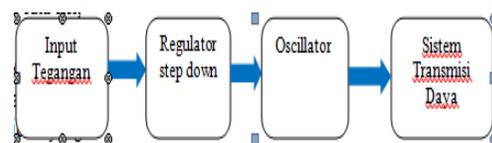
I. PENDAHULUAN

Pengisian baterai secara wireless tentu akan memberikan kontribusi untuk keselamatan dan kesehatan baik dalam rumah tangga dan tempat kerja. Pada salah satu sisi, pengisian baterai secara wireless

adalah lebih mudah bagi konsumen dan produsen karena daya yang hilang dapat direduksi dengan efisiensi yang tinggi dan aman digunakan karena tidak ada sama sekali sambungan logam langsung yang dibutuhkan. Dengan membandingkan pengisian baterai secara wireless dan pengisian baterai konvensional, kita akan menemukan banyak keuntungan dan kontribusi yang baik untuk keselamatan.

II. METODE

Permasalahan yang diangkat pada program ini dirumuskan sebagai adalah bagaimana merancang alat pengisi baterai secara wireless yang mudah dioperasikan dengan menggunakan sistem elektronik terintegrasi serta bagaimana memaksimalkan daya yang dipancarkan pada antenna transmitter .

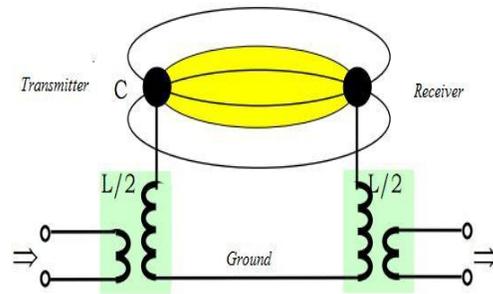


Gambar 2.1. Diagram Blok Pemancar

Sistem secara keseluruhan terdiri dari transmitter dan *receiver*. Transmitter berfungsi mentransmisikan daya ke *receiver*. Daya dapat ditransmisikan secara terus menerus pada peralatan melalui modul receiver [4].

Konsekuensinya, arus listrik yang mengalir menciptakan medan magnet. Teknologi ini memiliki keuntungan yaitu dapat melalui udara. Arus listrik pada *base station* menciptakan medan magnet yang membawa daya ke receiver yang kemudian dikonversi kembali ke arus listrik. Hal ini menyebabkan kondisi pengisian baterai secara aman karena terisolasi secara elektrik antara *transmitter* daya dengan *receiver* [5].

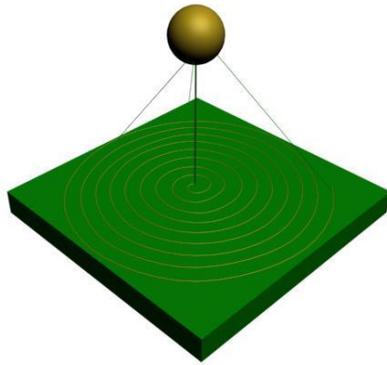
Eksperimen yang dilakukan oleh Nikola Tesla selanjutnya disempurnakan oleh Lord Kelvin yang terkenal dengan teori transmisi vortex. Hipotesa yang dilakukan Kelvin tidak memfokuskan pada gelombang akan tetapi pada radiasi. Beliau mengasumsikan bahwa rangkaian pada transmitter dan receiver terdiri dari kapasitor dan induktor yang kemudian dikenal dengan rangkaian resonansi. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.2. Rangkaian resonansi terbuka [6]

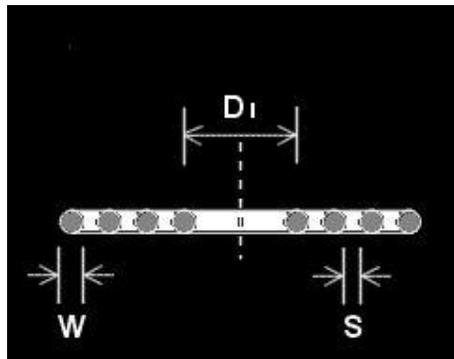
Jika kedua elektroda dari kapasitor ditarik secara terpisah, kemudian di antara keduanya terdapat peregangan medan listrik. Garis-garis medan mulai tampak pada satu bidang yaitu pemancar dan diperkuat lagi di sisi penerima. Dengan cara ini tingkat efektivitas yang lebih tinggi dan lebih kuat dapat diharapkan [6]. Induktansi dibagi dalam dua bagian trafo udara (air transformer) dengan lilitan yang sepenuhnya identik.

Elektrode yang digunakan adalah elektrode bola. Elektrode ini terbuat dari bahan stainless steel. Diameter bola memiliki ukuran 100 mm. Tinggi elektrode adalah 30 cm. Pada titik tengah elektrode terdapat kabel connector yang terhubung ke pancake coil. Elektrode ini mampu mentransmisikan muatan positif ke muatan negatif melalui udara [5].



Gambar 2.3. Rancangan antenna pemancar beserta koil yang digunakan

Lilitan yang terdapat dalam rancangan di etching pada pcb. Jarak antara satu lilitan dengan lilitan lain adalah 5.62 mm. Desain transmiter memiliki 22 lilitan dengan diameter dalam 10 mm dan diameter koil 3 mm.



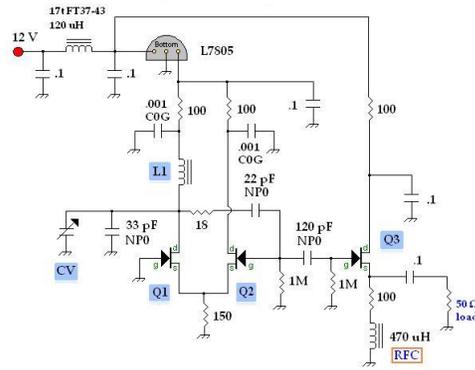
Gambar 2.4. Ilustrasi koil

Dari ilustrasi koil di atas, masing 6 masing notasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- W = Diameter coil
- Di = Diameter dalam

- N = Jumlah lilitan
- S = Jarak lilitan
- A = Luas permukaan koil

E. Osilator Sinus



Gambar 2.5. Rangkaian LC osilator dengan frekuensi 2,4 MHz

Gambar 5 merupakan rangkaian LC osilator dengan frekuensi 2,4 MHz. Q1 adalah common gate amplifier. Osilasi dipicu dari bagian source FET dan output dihasilkan melalui drain. Komponen FET ini menunjukkan bahwa tidak ada pergeseran fase sinyal. Q2 merupakan source follower yang juga tidak memiliki pergeseran fase. Q2 memiliki AC couple yang didapat melalui kapasitor 22 pF. Resistor dengan nilai 18á dipakai untuk menghambat osilasi parasit pada medium frequency. Koneksi dari gate Q2 menuju drain Q1 menghasilkan pergeseran fase sebesar 0°. L-C tank pada L1 akan memilih frekuensi

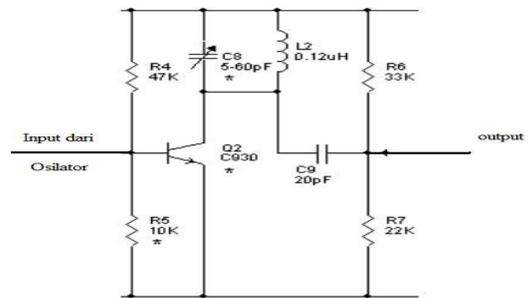
dimana pergeseran fase 0^0 telah tersedia.

Q3 merupakan buffer osilator yang berfungsi agar tidak terjadi perubahan tegangan saat dihubungkan dengan beban. Low pass filter yang dirangkai pada tegangan input bertujuan untuk meloloskan sinyal frekuensi rendah. Tipe induktor yang digunakan adalah FT37-43 dengan lilitan sebanyak 17 kali. Komponen elektronik yang terkoneksi pada L-C tank dapat mempengaruhi tuning frekuensi. Output gelombang yang dihasilkan juga cukup bagus dan minim distorsi. Transistor yang digunakan pada Q1 sampai Q3 adalah 2N5458.

F. Perancangan Rangkaian Buffer

Semua jenis osilator membutuhkan rangkaian buffer. Penyangga (buffer) berfungsi untuk menstabilkan frekuensi dan amplitudo osilator akibat dari pembebanan tingkat selanjutnya. Biasanya penyangga terdiri dari 1 atau 2 tingkat penguat transistor yang dibias sebagai kelas A. dengan penguat kelas A akan didapatkan penguatan yang tinggi meskipun memiliki efisiensi yang paling rendah dibandingkan kelas yang lain. Osilator yang dihubungkan

dengan penyangga biasa disebut exciter.



Gambar2. 6. Rangkaian buffer

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

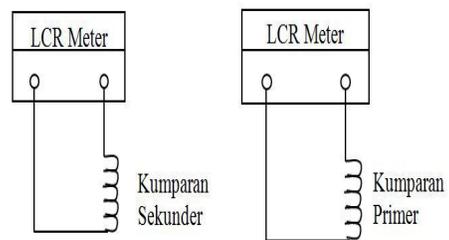
Untuk mengetahui bekerja atau tidaknya perangkat yang telah dibuat harus dilakukan suatu pengujian berupa kinerja maupun dengan pengukuran terhadap perangkat juga terhadap respon yang dihasilkan. Suatu sistem dinyatakan bekerja dengan baik bila sistem itu bekerja sesuai dengan tujuan awal yang dicapai saat pertama kali dilakukan perancangan.

4.1 Pengujian Tegangan Rata –Rata (V_{rms}) pada Kumputan Menggunakan Function Generator

4.1.1 Tujuan

Untuk mengetahui tegangan (V_{rms}) yang dibebankan pada kumputan sekunder dan kumputan primer

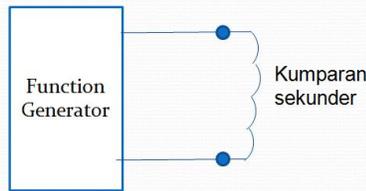
4.1.2 Rangkaian Percobaan



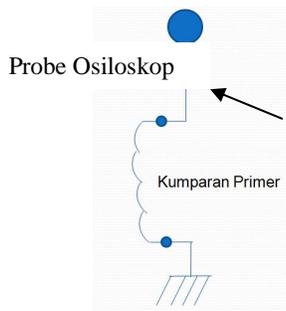
Gambar 4.1 Pengujian impedansi kumputan pada LCR meter

Probe Osiloskop

Impedansi = 0,224 á		
Frekuensi = 2,4 MHz		
No	Amplitudo (Vp)	Vrms (Volt)
1	1	0,7
2	2	1,4
3	3	2,1
4	4	2,8
5	5	3,5
6	6	4,2
7	7	4,9
8	8	5,6
9	9	6,3
10	10	7



Gambar 4.2 Pengujian tegangan (Vrms) pada kumparan sekunder



Gambar 4.3 Pengujian tegangan (Vrms) pada kumparan primer

4.1.3 Peralatan yang dibutuhkan

1. LCR meter digital
2. Osiloskop
3. Function Generator

4.1.4 Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan kabel power LCR meter dengan stop kontak.

2. Menghubungkan LCR meter pada terminal positif dan negatif pada kumparan sekunder.
3. Menekan tombol on pada LCR meter serta pastikan switch induktansi telah diaktifkan.
4. Mengamati perubahan nilai pada display LCR meter dan catat nilainya pada tabel 4.1.
5. Mematikan LCR meter dan lepas probe dari terminal kumparan sekunder. Selanjutnya pasang probe pada terminal kumparan primer.
6. Menyalakan LCR meter dan pastikan switch induktansi telah diaktifkan.
7. Mengamati perubahan nilai pada display LCR meter dan catat pada tabel 4.2. Setelah itu matikan LCR meter dan lepas probenya.
8. Menghubungkan probe function generator dengan kumparan sekunder. Kemudian probe osiloskop dihubungkan pada kumparan sekunder.
9. Mengatur frekuensi pada *function generator* sebesar 2,4 MHz dan mengubah amplitudo mulai dari 1 hingga 10 Vp sesuai gambar 3.6. Tegangan rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{rms} = V_p \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

10. Mencatat hasil perhitungan pada tabel 4.1.
11. Mengulangi langkah 9 untuk mendapatkan tegangan rata-rata

pada kumparan primersesuai gambar 3.7dan hasilnya dicatat pada tabel 4.2

4.1.5 Hasil pengujian dan analisa data

Tabel 4.1 Data kumparan sekunder

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai Vrms berbanding lurus dengan perubahan amplitudo. Bila amplitudo diperbesar, maka Vrms juga semakin besar, begitu juga sebaliknya.

Tabel 4.2 Data kumparan primer

Impedansi = 0.513 á		
Frekuensi = 2,4 MHz		
No	Amplitudo (Vp)	Vrms (Volt)
1	0,9	0,63
2	1,8	1,27
3	2,7	1,9
4	3,8	2,68
5	4,6	3,25
6	6,8	4,81

Lanjutan **tabel 4.2**

7	7,6	5,37
8	8,8	6,22
10	9,8	6,92

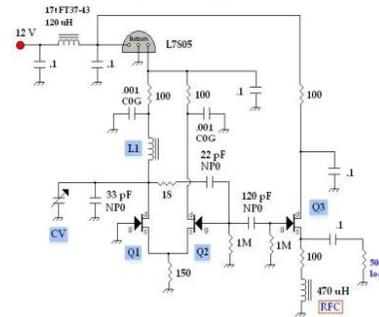
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai Vrms pada kumparan primer mengalami penurunan bila dibandingkan dengan Vrms pada kumparan sekunder. Hal ini disebabkan karena adanya jarak sebesar 0,5 cm pada kumparan sekunder dan primer,yang menyebabkan timbulnya induksi magnetik pada kedua kumparan.

4.2 Pengujian LC Osilator 2,4 MHz

4.2.1 Tujuan

Mengetahui persen eror dari perhitungan teori dengan pengukuran

4.2.2 Rangkaian LC osilator yang diuji



Gambar 4.4 Rangkaian LC osilator 2,4 MHz

4.2.3 Peralatan yang dibutuhkan

1. Osiloskop
2. Power supply +12 VDC

4.2.4 Prosedur pengujian

1. Menentukan nilai induktor dengan rumus frekuensi resonansi:

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

Nilai kapasitor ditetapkan 1 µF, maka :

$$2400 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1 \cdot 10^{-6}}}$$

$$15 \cdot 700.000 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{L} = 1$$

$$L = 4 \mu H$$

Jadi besarnya frekuensi berdasarkan pengukuran adalah 2,4 MHz

- Menentukan jumlah lilitan toroid dengan konstanta toroid tipe

Tabel 4.3 Data kumparan primer

Frekuensi teori	Frekuensi pengukuran	% Error
2,5 MHz	2,4 MHz	4 %

$$L = KN^2$$

$$4000 = 5N^2$$

$$N = 28 \text{ lilitan}$$

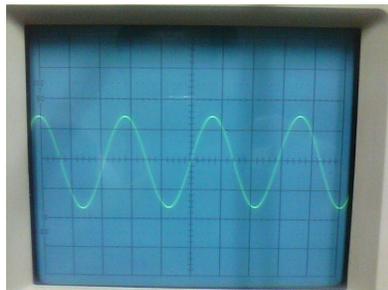
- Membuat rangkaian LC osilator sesuai gambar 4.4
- Menghubungkan rangkaian LC osilator dengan power supply
- Meletakkan chanel 1 probe osiloskop pada output 50 á .
- Mencatat hasil pengukuran osiloskop pada tabel 4.3

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa besarnya error antara frekuensi teori dengan pengukuran adalah 4%. Hal ini disebabkan karena penggunaan lilitan dengan diameter 0,8 cm. Berdasarkan teori, seharusnya menggunakan lilitan dengan diameter 0,2 cm, namun lilitan dengan diameter seperti ini sulit ditemukan di pasaran.

4.3 Pengujian rangkaian amplifier 2 W

4.2.5 Hasil pengujian dan analisa data

Dari hasil pengukuran frekuensi resonansi pada osiloskop, didapatkan data sebagai berikut:

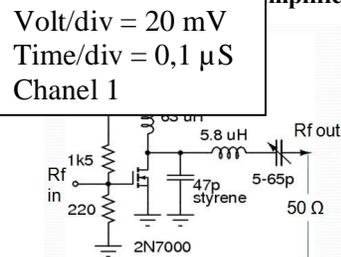


Gambar 4.5 Hasil pengujian LC osilator pada osiloskop

4.3.1 Tujuan

Mengetahui daya output yang dihasilkan oleh rangkaian amplifier 2 W.

4.3.2 Rangkaian amplifier yang diuji



Gambar 4.6 Rangkaian amplifier 2 W

Dari hasil pengujian osiloskop di atas, dapat diketahui besarnya frekuensi adalah :

$$\begin{aligned}
 f_r &= \frac{1}{T} \\
 &= \frac{1}{4,2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-8}} \\
 &= 2,4 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Peralatan yang dibutuhkan

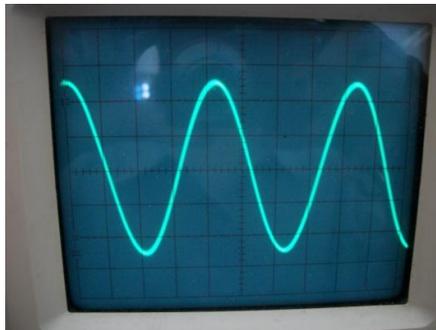
1. Osiloskop
2. Power supply +12 VDC

4.3.4 Prosedur pengujian

1. Menghubungkan LC osilator 2,4 MHz pada input rangkaian amplifier 2 W.
2. Menghubungkan rangkaian amplifier 2 W dengan power supply.
3. Menghubungkan LC osilator 2,4 MHz dengan power supply.
4. Meletakkan chanel 2 probe osiloskop pada output 50 á .
5. Menghitung hasil pengukuran

4.3.5 Hasil pengujian dan analisa data

Dari hasil pengukuran daya pada osiloskop, didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 4.7 Hasil pengujian amplifier

2 W pada osiloskop

Dari hasil pengujian osiloskop di atas, dapat diketahui besarnya V_{rms} dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 V_{rms} &= \frac{V_p}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{2,6 \cdot 5}{\sqrt{2}} \\
 &= 9,28
 \end{aligned}$$

Dengan demikian besarnya daya dapat

dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{V_{rms}^2}{R} \\
 &= \frac{(8,15)^2}{50}
 \end{aligned}$$

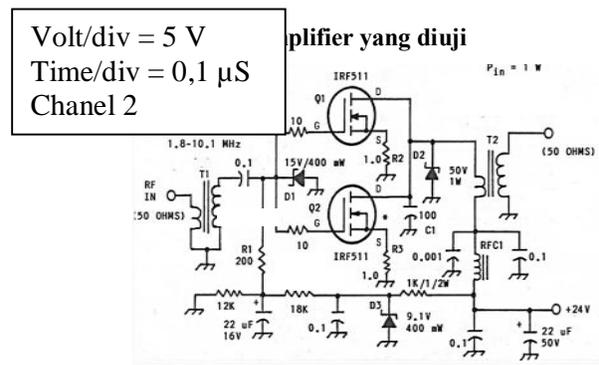
$$= 1,72 \text{ W}$$

Jadi nilai daya output yang dihasilkan adalah 1,72 W. Penguatan ini belum maksimal karena adanya panas pada transistor 2N70000. Transistor ini memiliki tipe TO-92 yang tidak didesain untuk mendisipasi panas melalui *heatsink*.

4.4 Pengujian rangkaian amplifier 15 W

4.4.1 Tujuan

Mengetahui daya output yang dihasilkan oleh rangkaian amplifier 15 W.



Gambar 4.8 Rangkaian amplifier 15

W

4.4.3 Peralatan yang dibutuhkan

1. Osiloskop
2. Power supply +24 VDC

4.4.4 Prosedur pengujian

1. Menghubungkan output LC osilator 2,4 MHz pada input rangkaian amplifier 2 W.
2. Menghubungkan output amplifier 2 W pada input amplifier 15 W.
3. Menghubungkan rangkaian amplifier 2 W dengan power supply.
4. Menghubungkan LC osilator 2,4 MHz dengan power supply.
5. Menghubungkan rangkaian amplifier 15 W dengan power supply.
6. Meletakkan chanel 2 probe osiloskop pada output 50 á amplifier 15 W.
7. Menghitung hasil pengukuran

$$P = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

$$= \frac{(22,5)^2}{50}$$

$$= 22,5 \text{ W}$$

Jadi daya output yang dihasilkan adalah 10,12 W.

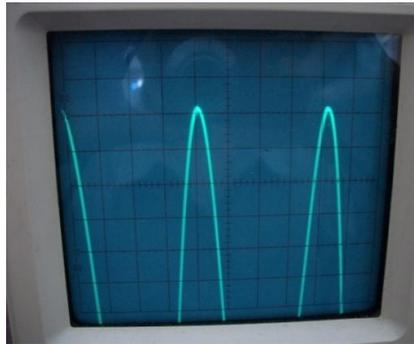
4.5 Pengujian rangkaian osilator yang dikuatkan langsung dengan amplifier 15 W

4.5.1 Tujuan

Mengetahui akibat yang ditimbulkan dari penguatan langsung pada osilator dengan amplifier 15 W.

4.5.2 Rangkaian amplifier yang diuji

4.4.5 Hasil pengujian dan analisa data



Gambar 4.9 Hasil pengujian amplifier

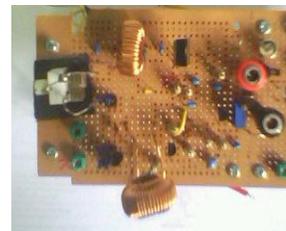
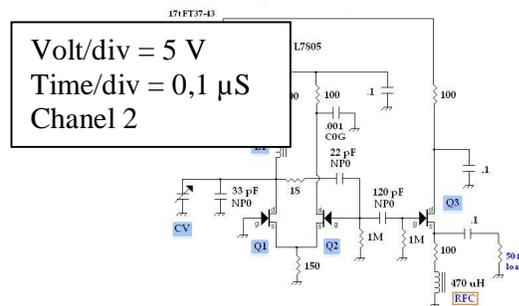
15 W pada osiloskop

Dari hasil pengujian osiloskop di atas, dapat diketahui besarnya V_{rms} dengan menggunakan rumus :

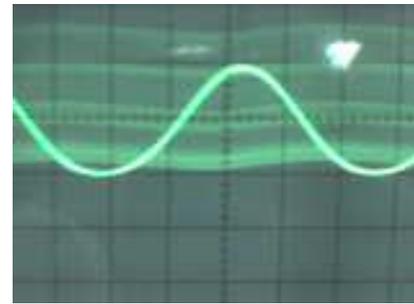
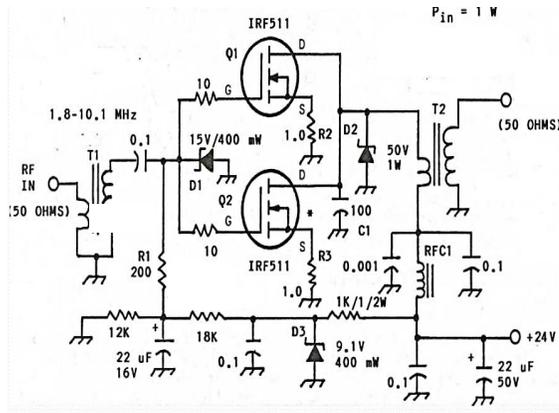
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{6,2,5}{\sqrt{2}}$$

Dengan demikian besarnya daya dapat dihitung dengan rumus :



Gambar 4.10 Rangkaian osilator dengan amplifier 15 W



Gambar 4.12 Hasil penguatan osilator pada amplifier 15 W



Gambar 4.11 Rangkaian amplifier 15 W

4.5.3 Peralatan yang dibutuhkan

1. Osiloskop
2. Power supply +24 VDC

4.5.4 Prosedur pengujian

1. Menghubungkan output LC osilator 2,4 MHz pada input rangkaian amplifier 15 W.
2. Menghubungkan LC osilator 2,4 MHz dengan power supply.
3. Menghubungkan rangkaian amplifier 15 W dengan power supply
4. Meletakkan chanel 2 probe osiloskop pada output 50 á amplifier 15 W
5. Mencatat hasil pengukuran

4.5.5 Hasil pengujian dan analisa data

Dari gambar osiloskop di atas, dapat diketahui bahwa output amplifier 15 W adalah noise. Hal ini terjadi karena output tegangan sebesar 40 mVpp tidak cukup untuk men- *drive* input amplifier 15 W.

KESIMPULAN

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan proyek akhir ini, mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa:

Kinerja sistem transmisi secara keseluruhan sudah cukup baik, karena sudah mampu menghasilkan daya sebesar 10 W.

Daya yang dihasilkan transmitter sebesar 10 W didapatkan dari dua kali penguatan sinyal osilator secara bertahap yaitu melalui penguatan 2 W dan penguatan 15 W.

Saran

Dari hasil Proyek Akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan dan dimungkinkan untuk pengembangan lebih lanjut. Oleh karenanya penulis merasa perlu untuk memberi saran-saran sebagai berikut :

Daya output yang dihasilkan transmitter belum dapat mendekati 15 W, karena pada penguatan 2 W transistor 2N7000 mengalami panas berlebih. Model transistor 2N7000 yang digunakan adalah TO-92. Model transistor ini tidak mendukung adanya tempat pemasangan heatsink. Oleh karena itu, dibutuhkan transistor 2N7000 dengan dengan model TO-220 yang mendukung adanya tempat pemasangan heatsink.

Daftar Pustaka

- (1) S. Y. R. Hui, Fellow, IEEE, and Wing. W. C. Ho. "A New Generation of Universal Contactless Battery Charging Platform for Portable Consumer Electronic Equipment" : IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 20, NO. 3, 5 MEI 2005.
- (2) Andre Kurs, Ariesteidis Karalis, J.D.Joanepoulus,Marin.S, Peter Fisher, Robert.M. "Wireless Power Transfer via strongly Coupled Magnetic Resonances" : *Science Express*, VOL. 317, NO. 5834, 6 Juli 2005.
- (3) Armahin, J.B.Pendri, K.Ryan, "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields 3 kHz to 300 GHz", IEEE Electrical. Juli 1995; 42(7): 731-5.
- (4) Fei Morohan, Greynold RE, "IEEE recommended practice for electrical impedance, induction, and skin effect heating of pipelines and vessels". IEEE Industry Applications Society. VOL. 50, NO. 3, April 1991
- (5) Anonym (2009). "Wireless Power Consortium", <http://www.wirelesspowerconsortium.com/technology/>. Diakses pada 12 Agustus 2009.