

PERANCANGAN SISTEM TRANSFER DAYA NIRKABEL UNTUK UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) MICRO JENIS QUADCOPTER

Setyawan Wahyu Pratomo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

*Corresponding author, e-mail : setyawan.wahyu@uii.ac.id

Abstrak— Dalam *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* jenis Quadcopter, sumber catu daya berupa baterai yang hanya mampu bekerja 10-15 menit di udara merupakan permasalahan tersendiri bagi performa Quadcopter. Sedangkan performansi dari Quadcopter pada ketinggian yang susah dijangkau, diharapkan peran operator yang selama ini harus mengkoneksikan secara manual kabel *charging* ke baterai bisa digantikan oleh sistem secara otomatis ketika baterai akan habis. Untuk itu dalam paper ini membahas suatu perancangan sistem transfer daya nirkabel untuk Quadcopter mengisi ulang baterai tanpa bantuan operator dan tidak harus dilakukan pendaratan di atas tanah. Proses isi ulang (*charging*) baterai bisa dilakukan di atas gedung maupun di landasan yang telah terpasang transfer daya nirkabel. Tujuannya adalah meningkatkan performansi kerja Quadcopter di udara sesuai dengan kegunaannya. Dari perancangan sistem transfer daya nirkabel untuk *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* jenis Quadcopter mengisi ulang (*charging*) baterai, diperoleh hasil efisiensi transfer daya terbaik sebesar 62,24% dengan jarak efektif 10 cm. Frekuensi sistem transfer daya nirkabel diperoleh dari rangkaian Colpitss Oscillator sebesar 333,1 KHz dengan menerapkan prinsip induksi elektromagnetik.

Kata Kunci : Quadcopter, charging baterai, induksi elektromagnetik

Abstract— In the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) type of Quadcopter, the source of power supply in form of a battery that is only able to work 10-15 minutes in the air is a own issue for the performance of Quadcopter. While the performance of quadcopter at a high that are difficult to reach, it is expected over the role an operator must manually connect the charging cable to battery can be replaced by the system automatically when battery runs out. For that, in this paper discusses design of wireless power transfer system for Quadcopter to charge battery without the help of an operator and not to be done landfalls on the ground. The recharging process of battery can be done at the top of the building or in the common ground that has been installed wireless power transfer. The aim is to improve the performance of quadcopter's work in the air in accordance with the usefulness. From the design of wireless power transfer system for quadcopter's charging the battery obtained the results the best efficiency power transfer is 62.24 % with effective distance 10cm. The frequency's system obtained from an Oscillator Colpitss 333,1KHz by implementing the principles of electromagnetic induction.

Keywords : Quadcopter, charging battery,electromagnetic induction

Copyright © 2016 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dengan pesatnya perkembangan teknologi semikonduktor dan teknologi nirkabel, perangkat-perangkat elektronik yang dahulu tergolong statis karena bentuknya fisiknya yang besar dan berat sehingga tidak memungkinkan untuk dibawa kemana-mana. Sekarang sudah menjadi perangkat yang ringan dan *simple* sehingga dapat dibawa kemana-mana [4]. Saat ini, Penelitian yang sedang berkembang pesat dilakukan adalah mengenai sistem transfer daya listrik tanpa kabel (*wireless power transfer*) [3]. Pada umumnya transfer daya listrik yang kita gunakan adalah menggunakan media perantara

berupa kabel tembaga. Tembaga digunakan sebagai media transfer listrik karena bahannya yang terdiri atas banyak elektron yang bisa bergerak bebas. Sehingga saat dihubungkan dengan suatu sumber listrik maka aliran elektron bisa bergerak dengan bebas pada bahan tersebut. Namun seiring dengan perkembangan teknologi saat ini telah dikembangkan transfer daya listrik nirkabel. Hal ini juga bisa menjadi penghematan terhadap bahan-bahan untuk pembuatan kabel sebagai media penyaluran daya karena digantikan oleh *wireless power transfer*[8].

Kebutuhan fleksibilitas menjadi parameter utama yang diinginkan dari pengaplikasian sistem transfer daya listrik tanpa kabel

khususnya bagi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* jenis quadcopter.

Dengan melihat banyaknya kegunaan quadcopter untuk membantu aktivitas manusia khususnya penginderaan jauh dari udara, ternyata quadcopter masih sangat memiliki keterbatasan dalam hal catu daya listriknya. Permasalahan yang umum terjadi pada quadcopter adalah baterai yang terpasang pada quadcopter hanya mampu bertahan di udara sekitar 15-40 menit tergantung penggunaan. Karena baterai quadcopter hanya memiliki waktu bertahan yang sangat pendek, otomatis baterai tersebut harus di isi ulang kembali atau dilakukan penggantian baterai.

Sehingga ketika baterai mendekati habis, quadcopter harus dilakukan pendaratan untuk proses isi ulang kembali atau penggantian baterai yang mungkin jarak antara lokasi pendaratan dengan objek yang akan diobservasi sangat jauh. Padahal, mobilitas dan fleksibilitas dari penggunaan quadcopter yang begitu banyak menuntut kinerja maksimal dari quadcopter itu sendiri. Permasalahan ini tentunya harus dicarikan alternatif jalan keluar agar utilitas dari quadcopter dapat digunakan seefektif dan seefisien mungkin.

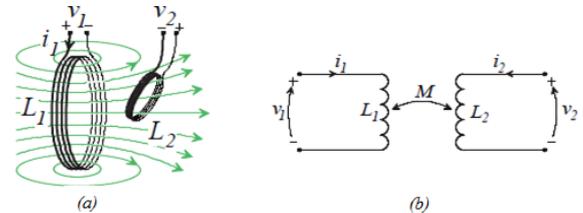
Untuk itu dalam paper ini, peneliti merancang suatu sistem transfer daya nirkabel untuk quadcopter ini agar mampu melakukan proses pengisian ulang baterainya secara nirkabel dan tidak harus ada operator yang *standby* di suatu lokasi pendaratan hanya untuk melakukan proses isi ulang baterai atau penggantian baterai. Dengan mengaplikasikan konsep teknologi transfer daya nirkabel pada quadcopter, memungkinkan quadcopter untuk melakukan pendaratan di daerah yang susah untuk dijangkau (*edge environment*) untuk melakukan proses isi ulang baterai secara otomatis tanpa bantuan operator seperti di atas gedung dan lain sebagainya tanpa harus selalu dilakukan pendaratan di atas tanah dengan bantuan operator untuk memaksimalkan kinerja dari quadcopter itu sendiri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Induksi Elektromagnetik Bersama

Ketika terdapat 2 kumparan (L_1 & L_2) yang saling berdekatan satu sama lain pada suatu jarak tertentu dimana arus i_1 diberikan pada

sebuah kumparan L_1 maka akan muncul fluks magnetik Φ_B yang melewati kumparan L_2 ditunjukkan pada gambar 1 (a) & (b) berikut [7],



Gambar 1. (a) 2 buah kumparan L_1 & L_2
(b) Model Skema rangkaian elektronika

Jika fluks magnetik Φ_B ini terjadi karena perubahan arus i_1 yang melalui kumparan L_1 , maka akan terjadi induksi gaya gerak listrik pada kumparan L_2 , hal ini sesuai dengan Hukum Faraday. Besarnya gaya gerak listrik yang menginduksi kumparan L_2 akan terakumulasi sehingga mengakibatkan munculnya tegangan v_2 pada terminal kumparan L_2 yang dapat diketahui melalui persamaan (2.1) berikut,

$$v_2(t) = n_2 \cdot \frac{d\Phi_B(t)}{dt} \quad (1)$$

Dimana n_2 merupakan jumlah lilitan pada kumparan L_2 dan Φ_B merupakan besarnya fluks magnetik. Besarnya fluks magnet Φ_B yang terjadi sebanding dengan besarnya arus i_1 yang melalui kumparan L_1 yang dapat diketahui melalui persamaan (2.2) berikut ini,

$$v_2(t) \approx n_2 \cdot \frac{di_1(t)}{dt} \Leftrightarrow v_2(t) = M_{12} \cdot \frac{di_1(t)}{dt} \quad (2)$$

dimana M_{12} merupakan koefisien induktansi bersama. Kemudian, fenomena induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan L_2 juga terjadi pada kumparan L_1 dimana sebuah arus i_2 yang melalui kumparan L_2 akan menginduksi kumparan L_1 . Sehingga muncul tegangan v_1 pada kumparan L_1 yang dapat diketahui melalui persamaan (2.3) berikut ini,

$$v_1 \approx n_1 \cdot \frac{di_2(t)}{dt} \Leftrightarrow v_1(t) = M_{21} \cdot \frac{di_2(t)}{dt} \quad (3)$$

Dapat diketahui dari persamaan (2.3) di atas bahwa $M_{12} = M_{21}$ merupakan koefisien induktansi bersama. Besarnya nilai tegangan v_1, v_2 ini bergantung pada jumlah lilitan n_1, n_2 , bentuk dan fungsi geometri kumparan, koefisien induktansi bersama, serta material disekitarnya yang mempengaruhi besarnya medan magnet.

2.2. Kopling Magnetik (k)

Pada proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada transfer daya nirkabel, besarnya jarak antara kumparan pengirim dan penerima merupakan suatu parameter yang harus diketahui. Besarnya jarak yang dapat diperoleh antara kumparan pengirim dan penerima itu tergantung pada besarnya fluks magnet yang terjadi diantara 2 kumparan tersebut. Dalam proses induksi elektromagnetik yang terjadi, hanya sebagian kecil fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan perangkat pengirim dapat diterima oleh kumparan perangkat penerima yang berkontribusi pada proses transfer daya listrik.

Semakin banyak fluks magnet yang dapat ditangkap oleh kumparan perangkat penerima berarti semakin baik kopling magnetik yang terjadi. Tingkatan dari besarnya kopling magnetik yang terjadi ditunjukkan dengan besarnya suatu koefisien kopling magnetik (k).

Besarnya nilai koefisien kopling magnetik ini berkisar dari 0 sampai dengan 1. Nilai 1 ini menunjukkan bahwa fluks magnetik yang dihasilkan oleh perangkat pengirim dapat ditangkap secara penuh oleh kumparan perangkat penerima. Kemudian apabila koefisien kopling magnetik ini bernilai mendekati 0 maka kumparan perangkat pengirim dan penerima saling independen satu sama lain atau tidak terjadi induksi di antara 2 kumparan ini.

Besarnya kopling magnetik (k) ditentukan oleh 2 parameter penting yaitu posisi antara kumparan pengirim dan penerima dan besarnya bentuk dan ukuran dari kumparan perangkat pengirim dan penerima. Perpindahan posisi antara kumparan pengirim dan penerima mengakibatkan penurunan kopling magnetik (k) yang terjadi.

Besarnya nilai kopling magnetik (k) dapat diketahui dari persamaan (2.4) berikut,

$$k = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_{11} \cdot L_{22}}} \quad (4)$$

dimana L_{12} merupakan induktansi bersama sedangkan L_{11} dan L_{22} merupakan induktansi sendiri. Persamaan (2.4) di atas diperoleh dari persamaan umum induktansi bersama berikut ini[2],

$$\frac{v_1}{j\omega} = L_{11} \cdot i_1 + L_{12} \cdot i_2 \quad (5)$$

$$\frac{v_2}{j\omega} = L_{12} \cdot i_1 + L_{22} \cdot i_2 \quad (6)$$

dimana v_1, v_2 merupakan tegangan yang terdapat pada kumparan pengirim dan penerima. Sedangkan i_1 dan i_2 merupakan arus yang mengalir pada kumparan pengirim dan penerima. Kemudian induktansi bersama ditunjukkan oleh $L_{12} = L_{21}$.

Secara sederhana, kopling magnetik dapat diketahui dari suatu sistem yang merupakan relatif dari loop terbuka tegangan v sebagai berikut,

$$v = \frac{v_2}{v_1} = k \sqrt{\frac{L_{22}}{L_{11}}} \quad (7)$$

Untuk nilai $L_1 = L_2$, maka kopling magnetik (k) dapat ditentukan dari perbandingan antara tegangan di kumparan penerima (v_2) dan tegangan di kumparan pengirim (v_1) dalam rms.

2.3. Resonansi Magnetik

Resonansi elektromagnetik erat hubungannya dengan fenomena medan elektromagnet yang juga erat hubungannya dengan proses terjadinya aliran listrik. Radiasi dari medan elektromagnet pada tingkat tertentu dapat menjadi berbahaya bagi kelangsungan hidup organisme yang berada didalam jangkauannya.

Medan elektromagnet dapat digolongkan dalam 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.

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

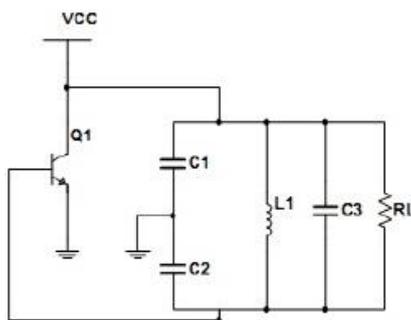
2.4. Rangkaian Oscillator

2.4.1. Oscillator Colpitts

Oscillator Colpitts adalah salah satu jenis *oscillator* dengan resonator LC yang digunakan untuk sistem *Wireless Power Transfer*.

Rangkaian *oscillator Colpitts* ini memiliki stabilitas frekuensi yang baik, mudah untuk dilakukan pengaturan frekuensi, dan dapat digunakan pada rentang frekuensi yang cukup besar. Selain itu, rangkaian *oscillator Colpitts* ini terbilang sederhana sehingga secara nilai ekonomi, memiliki *cost* yang lebih rendah dalam proses produksi. Pengaturan nilai frekuensi pada *oscillator Colpitts* dapat dilakukan dengan mengubah nilai kedua kapasitor C1 dan C2 serta L1, sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2 di bawah ini. Sementara untuk nilai C1 dan C2 dapat diperoleh melalui persamaan di bawah ini [5],

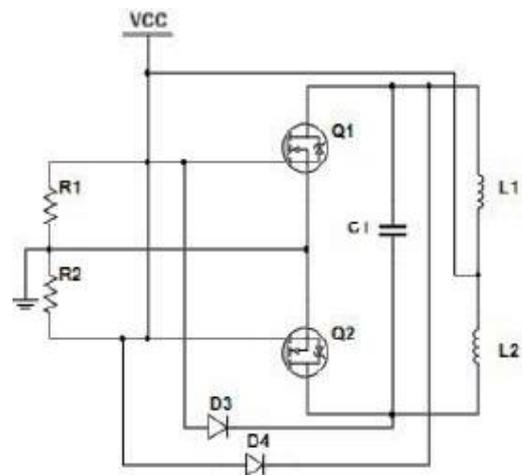
$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \tag{8}$$



Gambar 2. Rangkaian *Colpitts Oscillator*

2.4.2. Oscillator Flyback

Selain menggunakan *oscillator Colpitts*, jenis *oscillator* yang digunakan dalam penelitian *Wireless Power Transfer* adalah *Flyback*. Rangkaian *oscillator* jenis *Flyback* ini agak berbeda dengan *oscillator* yang sebelumnya dijelaskan. Rangkaian ini biasanya digunakan sebagai rangkaian *driver* untuk membuat loncatan elektron dengan menggunakan transformator pada sisi outputnya. Namun pada dasarnya, rangkaian ini memiliki fungsi yang sama dengan rangkaian *oscillator* sebelumnya, yaitu membangkitkan sinyal AC dari sinyal DC. Bila diperhatikan, rangkaian ini juga memiliki dua komponen utama rangkaian *oscillator*, yaitu rangkaian penguat dan rangkaian umpan balik[1]. Komponen aktif yang digunakan sebagai penguat adalah MOSFET yaitu Q1 dan Q2, seperti ditunjukkan dalam gambar 3 di bawah ini,



Gambar 3. Rangkaian *Flyback Oscillator*

Sementara rangkaian umpan balik yang digunakan adalah rangkaian LC yang terdiri dari 2 buah induktor seri, L1 dan L2 serta sebuah kapasitor, C1. Rangkaian LC Tank ini kemudian di *feedback* melalui *fast recovery diode*, D1 dan D2 kepada *gate* transistor. Besarnya frekuensi osilasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh kedua komponen, L1 dan L2. Pada rangkaian *oscillator flyback*, jenis MOSFET yang digunakan adalah *enhancement MOSFET*.

2.5. Quadcopter XK Detect X380

Quadcopter XK Detect X380 merupakan objek penelitian dalam paper ini dimana quadcopter ini memiliki sumber catu daya dari

baterai berjenis lithium ion polymer (Li-Poly) dengan kapasitas 11,1V (3S) 5400mAh. quadcopter ini juga dilengkapi dengan rangkaian *balance charger Li-Poly circuit* dengan input 12 Volt DC 2 Amp.

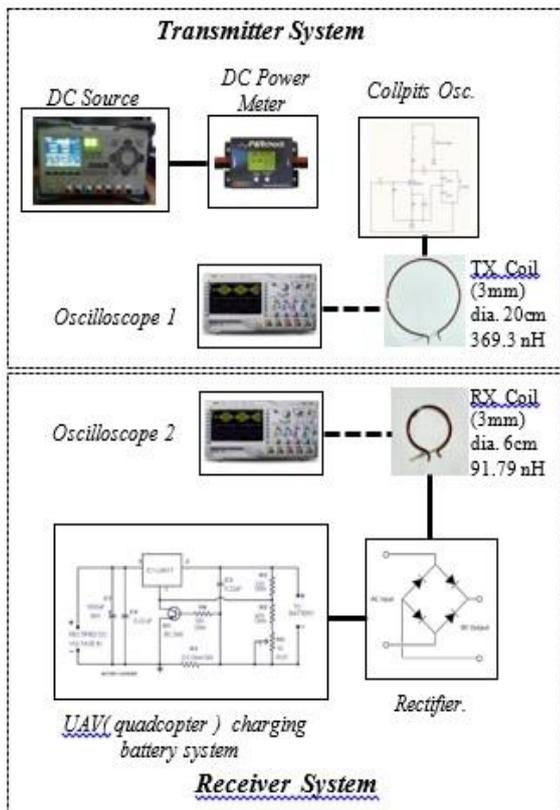


Gambar 4. Quadcopter XK Detect X380

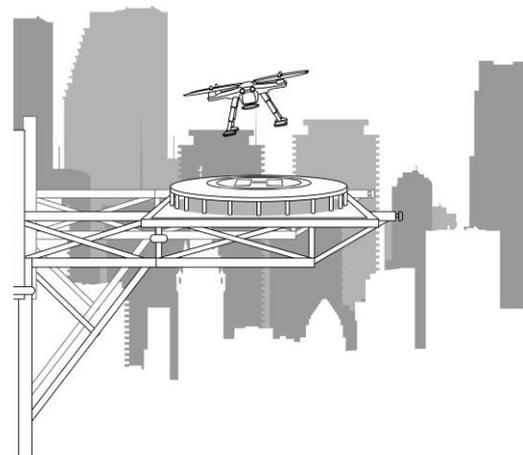
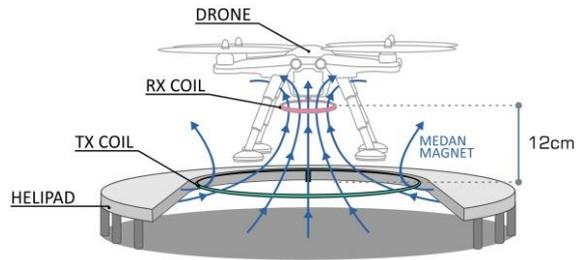
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem diilustrasikan pada Gambar 3.1 berikut ini,



Gambar 5. Rancangan Sistem



Gambar 6. Ilustrasi sistem

3.1.1. Perancangan rangkaian transmitter

Setelah melalui studi literatur telah diketahui konsep dasar rangkaian osilator *Colpitts* [5] untuk dapat diterapkan dalam sistem transmitter transfer daya nirkabel.

Didalam perancangan *Colpitts Oscillator* ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Menentukan nilai frekuensi kerja osilator yang sesuai dengan kumparan silinder pejal yang diinginkan sebesar 369,3 nH
2. Mengkondisikan MOSFET agar berada di daerah aktif ketika terjadi induksi elektromagnetik, sehingga kinerja MOSFET mampu maksimal ketika terjadi transfer daya maksimum.

Pada penelitian ini, perancangan *Colpitts Oscillator* ini ditentukan spesifikasi sebagai berikut,

1. Tegangan input osilator sebesar 18.5 Volt DC
2. Frekuensi kerja osilator yang diinginkan adalah sebesar 333.1 KHz
3. Beban yang digunakan adalah UAV (quadcopter) charging battery system 12 Volt 2 Amp.

4. *Transmitter coil (TX) coil* yang digunakan adalah tembaga silinder pejal yang mempunyai *inner diameter* 3mm dengan besar diameter TX coil sebesar 20 cm dengan nilai induktansi 369.3 nH
5. *Receiver coil (RX) coil* yang digunakan adalah tembaga silinder pejal yang mempunyai *inner diameter* 3mm dengan besar diameter RX Coil sebesar 6 cm dengan nilai induktansi 91.79 nH

Untuk mendapatkan frekuensi kerja sebesar 333.1 KHz pada Osilator Colpitts, maka dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya nilai komponen pada *Colpitts, LC-Resonator* dengan persamaan (3.1) di bawah ini[6],

$$f_{Osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \quad (9)$$

$$(2\pi f)^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{LC_T}} \right)^2$$

$$4\pi^2 f^2 = \frac{1}{LC_T}$$

$$C_T = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

$$C_T = \frac{1}{4.(3,14)^2 .(333,1.10^3)^2 .369,3.10^{-9}}$$

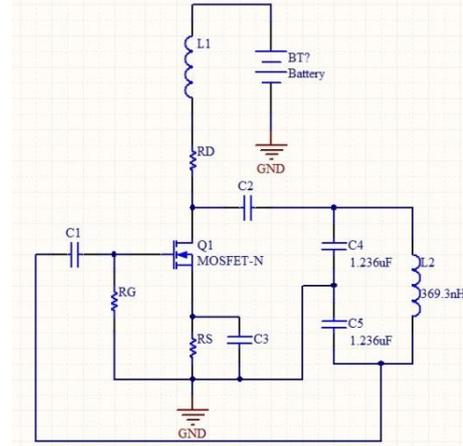
$$C_T = 0,618\mu F.$$

Dari hasil perhitungan nilai C_{total} (C_T) bernilai 22nF, namun perlu dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai komponen kapasitor pembagi tegangan pada *Colpitts LC- Resonator* dengan persamaan (3.2) dibawah ini[5],

$$C_T = \frac{C_4 \cdot C_5}{C_4 + C_5} \quad (10)$$

$$0,618\mu F = \frac{1,236\mu F \cdot 1,236\mu F}{1,236\mu F + 1,236\mu F}$$

didapatkan nilai $C_4 = C_5 = 1,236 \mu F$. Sehingga desain rangkaian Osilator Colpitts secara lengkap dapat ditunjukkan dengan gambar 7 di bawah ini,



Gambar 7. Colpitts Oscillator (Transmitter)

3.1.2. Perancangan rangkaian receiver

Perancangan rangkaian *receiver* (penerima) ini berfungsi sebagai penerima induksi gelombang elektromagnetik. Rangkaian *receiver* (penerima) terdiri dari rangkaian LC yang bertugas menangkap induksi elektromagnetik yang dikeluarkan *transmitter* dengan semaksimal mungkin dan merubahnya menjadi arus DC.

Untuk mendapatkan penerimaan induksi elektromagnetik yang maksimal dari *transmitter* maka frekuensi kerja dibuat sama dengan *transmitter* yaitu sebesar 333,1 KHz. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan frekuensi resonansi dan induktansi bersama antar *transmitter* dan *receiver*.

Untuk mendapatkan frekuensi kerja *LC-Resonator* sebesar 333,1 KHz maka dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya nilai komponen pada *LC-Resonator* pada rangkaian *receiver* dengan persamaan (3.3) di bawah ini

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_3 C_6}} \quad (3.3)$$

$$(2\pi f)^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} \right)^2$$

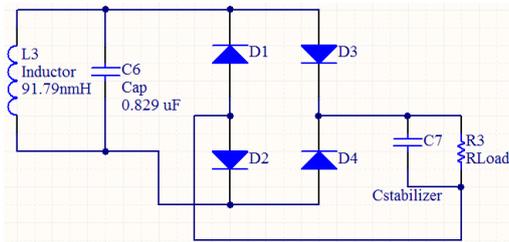
$$4\pi^2 f^2 = \frac{1}{L_2 C_2}$$

$$C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L_2}$$

$$C_2 = \frac{1}{4.(3,14)^2 .(333,1.10^3)^2 .91,79.10^{-9}}$$

$$C_2 = 0.829\mu F$$

Setelah didapatkan nilai komponen *LC-Resonator*, langkah selanjutnya adalah merancang rangkaian dioda penyearah jembatan penuh (*full wave rectifier diode*) dengan menggunakan 4 buah dioda jenis *Schottky* dengan $V_{forward Diode} = 490mV$. Kemudian untuk nilai $C_{Stabilization}$ diberikan nilai sebesar 47nF.



Gambar 8. Receiver Circuit

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran Daya Input Dan Output Sistem Transfer Daya Nirkabel

Parameter penting yang diukur dari suatu sistem transfer daya nirkabel adalah daya *input* dan *output*. Parameter daya ini merupakan parameter yang menjadi target acuan didalam pembuatan sistem transfer daya nirkabel. Semakin besar daya yang dapat ditransfer berarti sistem transfer daya nirkabel memiliki efisiensi yang baik.

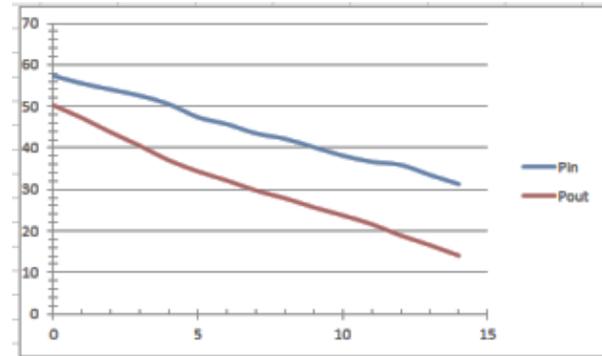
Tabel 1. Hasil pengukuran daya *input* dan *output* sistem dengan beban

Beban : UAV(Quadcopter) Charging Battery System 12 V / 2 Amp							
Jarak (cm)	Transmitter			Receiver			Efisiensi (%)
	Vin	Iin	Pin	Vout	Iout	Pout	
0	18.5	3.10	57.35	16.75	3.00	50.25	87.62
1	18.5	3.00	55.5	16.33	2.89	47.1937	85.03
2	18.5	2.92	54.02	15.95	2.74	43.703	80.90
3	18.5	2.84	52.54	15.39	2.63	40.4757	77.04
4	18.5	2.73	50.505	14.97	2.47	36.9759	73.21
5	18.5	2.56	47.36	14.36	2.39	34.3204	72.47
6	18.5	2.47	45.695	13.97	2.30	32.131	70.32
7	18.5	2.35	43.475	13.21	2.25	29.7225	68.37
8	18.5	2.28	42.18	12.84	2.17	27.8628	66.06
9	18.5	2.17	40.145	12.28	2.09	25.6652	63.93
10	18.5	2.06	38.11	11.98	1.98	23.7204	62.24
11	18.5	1.98	36.63	11.68	1.85	21.608	58.99
12	18.5	1.94	35.89	11.25	1.68	18.9	52.66
13	18.5	1.81	33.485	10.98	1.51	16.5798	49.51
14	18.5	1.69	31.265	10.1	1.39	14.039	44.90

Pengukuran daya input dan output ini menggunakan alat ukur berupa DC *powermeter* yang memiliki fasilitas *data-logging* yang secara *real time* mampu merekam perubahan daya dari sistem

transfer daya nirkabel. Hasil pengukuran daya input dan output dari sistem transfer daya nirkabel ditunjukkan pada Tabel 1.

Watt



Jarak (cm)

Gambar 9. Grafik daya *input* (*Pin*) dan daya *output* (*Pout*) sistem transfer daya nirkabel

Hasil pengukuran mengenai daya *input* (*Pin*) dan *Output* (*Pout*) sistem dapat dilakukan analisa sebagai berikut,

Sistem transfer daya nirkabel yang dirancang memiliki kemampuan untuk dapat mensuplai beban UAV (quadcopter) *charging battery system* dengan daya yakni sekitar 23.704 Watt (efektif) pada jarak 10 cm.

Pada saat *transmitter* didekatkan pada jarak yang sangat dekat yaitu 0 cm artinya antara kumparan *transmitter* dan *receiver* tidak ada penghalang, induksi elektromagnetik berlangsung maksimum, sehingga arus dari *transmitter* secara maksimum terserap ke *receiver*. Daya yang dipancarkan oleh *transmitter* pada jarak 0 cm sebesar 57.35 Watt hanya diterima 50.25 Watt di *receiver*. Hal ini dikarenakan kemampuan kopleng magnetik dalam proses induksi elektromagnetik yang dihasilkan hanya mampu memberikan efisiensi sekitar 87.62% pada jarak 0 cm.

Ketika jarak diperlebar secara perlahan, maka akan terjadi penurunan daya yang diterima oleh *receiver*. Penurunan daya di *receiver* ini disebabkan oleh semakin kecil induksi elektromagnetik antara *transmitter* dan *receiver*, sehingga tegangan yang ditransfer pun menjadi semakin kecil. Semakin kecil tegangan yang ditransfer maka semakin kecil pula tegangan yang terjadi di *receiver* didalam mensuplai beban.

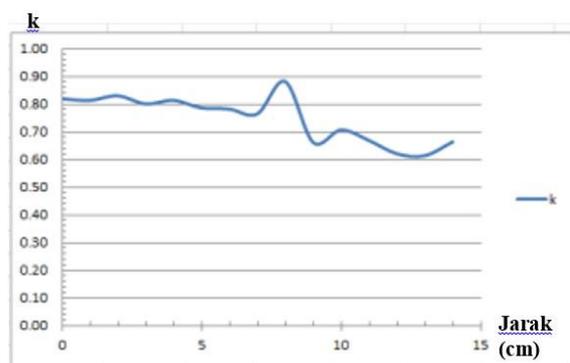
Ketika sudah tidak terjadi induksi elektromagnetik antara *transmitter* dan *receiver* maka daya yang terbaca di *transmitter* akan menjadi *standby power* yaitu sebesar 2,55 Watt.

4.2. Hasil Pengukuran Kopling Magnetik (K) dengan Jarak Transfer Daya

Parameter penting setelah daya yang diukur dari sistem transfer daya nirkabel adalah kopling magnetik dan jarak maksimum transfer daya. Kopling magnetik menjadi parameter yang menunjukkan efektifitas transfer daya yang berbanding dengan jarak transfer yang mampu ditempuh.

Tabel 2. Hasil pengukuran kopling magnetic dan jarak transfer daya

Jarak (cm)	Transmitter			Receiver			k
	Vp-p	Vmax	Vrms	Vp-p	Vmax	Vrms	
0	67.27	39.22	23.39	41.21	24.46	17.34	0.74
1	67.27	39.14	23.39	42.46	23.68	16.79	0.72
2	66.95	36.69	23.24	43.70	23.45	16.62	0.72
3	67.27	39.14	23.39	45.48	22.01	15.58	0.67
4	67.58	39.14	23.39	50.60	21.71	15.39	0.66
5	68.19	36.39	24.31	51.44	20.97	14.83	0.61
6	68.49	36.69	24.46	54.06	20.40	14.44	0.59
7	77.46	39.14	24.77	56.60	19.02	13.52	0.55
8	79.64	40.30	28.59	78.61	17.21	17.49	0.61
9	81.95	40.96	29.05	76.34	17.93	12.76	0.44
10	90.51	43.36	29.97	88.65	19.29	13.71	0.46
11	92.94	55.04	30.58	91.69	18.22	12.90	0.42
12	107.84	58.71	33.79	95.63	18.00	12.75	0.38
13	100.29	59.93	35.78	92.23	18.34	13.03	0.36
14	103.95	62.38	36.69	90.90	18.79	13.28	0.36



Gambar 10. Grafik karakteristik kopling magnetik

Hasil pengukuran mengenai kopling magnetik sistem dapat dilakukan analisa sebagai berikut,

Ketika *transmitter* didekatkan dengan *receiver* pada jarak 0 cm, nilai kopling magnetic yang didapatkan adalah 0.74. Hal ini berarti pada saat tidak ada penghalang sama sekali antara *transmitter* dan *receiver*, fluks magnet yang ditimbulkan oleh arus dan tegangan pada

transmitter hanya diserap oleh *receiver* sebesar 74%. Besarnya fluks magnet yang ditandai dengan nilai kopling magnetik ini akan menurun apabila jarak *transmitter* dan *receiver* dijauhkan. Terlihat ketika pada jarak 10cm yang merupakan jarak kerja efektif sistem transfer daya nirkabel yang dibuat, kopling magnetic memiliki nilai sebesar 0.46 atau sebesar 46% fluks magnet yang dipancarkan oleh *transmitter* diterima oleh *receiver*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa terhadap sistem transfer daya nirkabel yang telah dirancang dapat ditarik kesimpulan bahwa

1. Sistem transfer daya nirkabel telah dapat melakukan transfer daya untuk UAV (*quadcopter*) battery charging system dengan baik.
2. Efisiensi sistem sebesar 62.24 % dapat diperoleh pada jarak 10cm
3. Nilai kopling magnetik sistem transfer daya nirkabel bekerja efektif pada rentang 0.44 - 0.46

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boylestad, Robert, Nashelsky Louis, *Electronic Devices and Circuit Theory*, Prentice Hall, 1998.
- [2] Eberhard Waffenschmidt, *Qi Coupling Factor*, Phillips research, 2013.
- [3] Ghaniyya, Zesyra. M.A. "Rancang bangun osilator flyback pada rangkaian pemancar sistem transfer daya nirkabel". Skripsi Jurusan Teknik Elektro. UI. Depok. 2013.
- [4] Helmi, Kautsar. "Analisa dan peran cangan *transmitter* pada penghantar listrik tanpa kabel". Skripsi Jurusan Teknik Elektro. UI. Depok. 2010.
- [5] McGowan, Kevin, *Semiconductors: from Book to Breadboard*, Delmar, Cengage Learning, 2012.
- [6] Rashid, Muhammad H., *Power electronics handbook*, Academic Press, 2007.
- [7] Schuylenbergh Van, Koenraad, & Puers, Robert. *Inductive Powering*, Springer, 1993.
- [8] Sherly Puspita Rahman, Mas Sarwoko, Zulfi, "PERANCANGAN DAN REALISASI *PROTOTYPE* SISTEM TRANS

FER DAYA LISTRIK NIRKABEL UNTUK MENGISI BATERAI HAND PHONE” Jnte Fakultas Teknik Unand Vol:2 No.2 September 2013. September 2013.

Biodata Penulis

Setyawan Wahyu Pratomo, lahir di Surakarta, 26 September 1989. Menerima gelar Sarjana Teknik (S.T.) bidang teknik elektro di Institut Teknologi Telkom/Universitas Telkom dan Magister Teknik (M.T.) bidang teknik elektro di Universitas Indonesia (UI). Sekarang penulis berprofesi sebagai dosen di Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta di bidang ketenagalistrikan khususnya *wireless power transfer*.