

PERANCANGAN PENGISIAN DAYA NIRKABEL UNTUK BATERAI 12 VOLT PADA AUTOMATIC GUIDED VEHICLE

DESIGN OF WIRELESS CHARGING FOR BATTERY 12 VOLT ON AUTOMATIC GUIDED VEHICLE

Andi Aswin¹, Angga Rusdinar, ST., MT., Ph.D.,², Estananto M.Sc.,³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹andiaswin8@gmail.com ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id ³estananto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada era sekarang teknologi semakin maju dan berkembang dengan cepatnya. Hampir setiap teknologi yang diciptakan membutuhkan energi listrik. Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini pengiriman daya atau energi listrik bisa melalui udara tanpa menggunakan kabel seperti pada umumnya. Namun untuk teknologi pada AGV (Automatic Guided Vehicle) pengisian tranfer dayanya masih secara konvensional yaitu dengan menggunakan kabel. Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengatasi proses transfer dayanya sehingga menjadi lebih efisien.

Dengan menerapkan teknologi wireless charging proses pengisian daya pada AGV bisa lebih efisien. Sumber tegangan 220 V dengan frekuensi 50 Hz akan diteruskan ke power supply yang merubah tegangan AC ke DC dan akan diubah lagi pada inverter dari tegangan DC ke AC diteruskan langsung ke kawat penghantar (coil primer) untuk pengiriman daya melalui udara.

Hasil yang telah dicapai pada tugas akhir ini adalah jumlah daya yang dikirim lebih dari 6,75 watt dengan frekuensi 9 KHz. Jarak optimal pengiriman daya adalah 0 - 5 cm. Jadi jarak pada pengisian daya nirkabel sangat berpengaruh terhadap kualitas dari proses pengiriman daya yang dilakukan.

Kata Kunci: Pengisian daya nirkabel, pengiriman daya, inverter, induktansi.

Abstract

In the present era technology is getting more advanced and growing rapidly. Almost every technology created requires electrical energy. Along with the current technological development of power delivery or electrical energy can be through the air without using a cable as in general. But for the technology on AGV (Automatic Guided Vehicle) charging power transfer is still conventionally by using cable. The purpose of this final task is to overcome the transfer process so that power becomes more efficient.

By applying wireless charging technology the charging process at AGV can be more efficient. A 220 V power source with 50 Hz frequency will be forwarded to a power supply that changes the AC voltage to DC and will be converted again to the inverter from DC to AC voltage forwarded directly to the primary coil for air delivery.

The results that have been achieved in this final project is the amount of power delivered more than 6.75 watts with a frequency of 9 KHz. The optimal distance for sending power is 0 - 5 cm. So the distance on wireless charging greatly affects the quality of the power delivery process performed.

Keywords: wireless power charging, power transfer, inverter, inductance.

1. Pendahuluan

Pada zaman ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang pesat dan penuh inovasi terutama di bidang elektro industri. Salah satu contoh perkembangan teknologi ialah proses produksi pada industri sebagian besar dilakukan oleh mesin atau robot. Robot yang digunakan di industri menggunakan kabel sebagai media untuk pengisian catuan dayanya. Namun, hal tersebut menjadi tidak efisien dalam pengisian catu daya.

Pengisian daya nirkabel merupakan salah satu teknologi yang mentransmisikan energi listriknya melalui udara. Sehingga dalam proses pengisian daya tidak perlu menggunakan kabel sebagai media transmisi. Pengisian daya nirkabel ini akan diimplementasikan pada Automatic Guided Vehicle (AGV), karna dapat menjadi salah satu alternatif melakukan transfer daya tanpa menggunakan kabel.

Pengimplementasian pengisian daya nirkabel disebut dengan istilah wireless charging. Wireless charging ini akan diimplementasikan pada robot AGV. Dalam tugas akhir ini tingkat efisien dalam pengisian daya pada robot AGV dipengaruhi oleh jarak alat dengan lilitan dan lama pengisian yang terjadi. Sehingga penggunaan wireless charging pada robot AGV dapat lebih efisien dibandingkan dengan pengisian daya dengan menggunakan kabel.

2. Dasar Teori

2.1 Pengisian Daya Nirkabel

Pengisian daya nirkabel merupakan suatu teknologi yang proses transmisi energi listriknya tanpa melalui kabel melainkan udara sebagai media transmisinya. Teknologi pengisian daya nirkabel ini tidak jauh berbeda dengan sistem yang digunakan pada dynamo pembangkit listrik atau transformator. Hukum fisika yang digunakan yaitu bila suatu kumparan kawat dialiri energy listrik maka akan menimbulkan medan magnet. Sebaliknya, bila suatu kumparan dikenai dengan medan magnet maka akan timbul aliran listrik pada kawat kumparan.

Pada sebuah transformator, ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan diantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Pada transformator besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh kumparan sekunder adalah:

- Sebanding dengan banyaknya lilitan sekunder ($V_s \sim N_s$).
- Sebanding dengan besarnya tegangan primer ($V_s \sim V_p$).
- Berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan primer.

$$\left(V_s \sim \frac{1}{N_p} \right) \text{ sehingga dapat dituliskan: } V_s = \frac{N_s}{N_p} \times V_p \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

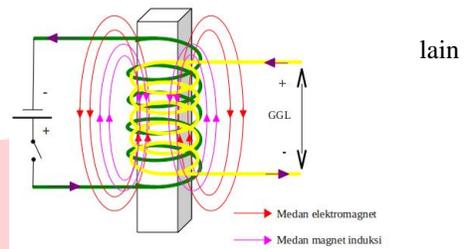
V_p = tegangan primer (volt)
 V_s = tegangan sekunder (volt)
 N_p = jumlah lilitan primer
 N_s = jumlah lilitan sekunder

2.2 Induktansi

Hukum Biot-Savart dan hukum Ampere telah menunjukkan bahwa adanya arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar menyebabkan adanya medan magnet di sekitar penghantar tersebut. Besarnya magnet yang ditimbulkan arus listrik sebanding dengan besarnya arus listrik. Sedangkan fluks magnetik adalah $d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$ dan karena B sebanding dengan I maka fluks magnet juga sebanding dengan I .

2.2.1 Self Inductance (Induktansi Diri)

Fluks magnetik yang melalui suatu rangkaian dapat dihubungkan dengan arus dalam rangkaian tersebut dan arus dirangkaian yang di dekatnya. Suatu kumparan yang menyalurkan arus *I*. arus ini menghasilkan medan magnetik yang dapat, pada dasarnya dihitung dari hokum Biot-Savart. Karena medan magnetik pada setiap titik disekitar kumparan sebanding dengan *I*, fluks magnetik yang melalui kumparan sebanding dengan *I*.



Gambar II - 1 Induktansi Diri [6]

$$\Phi_m = LI \dots\dots\dots (2)$$

Dengan L merupakan konstanta yang disebut induktansi diri kumparan tersebut. Induktansi diri tegak lurus terhadap bentuk geometrik kumparannya. Satuan SI induktansi adalah Henry. Pada dasarnya induktansi diri sembarang kumparan dapat dihitung dengan mengambil arus *I*, mencari fluks Φ_m , dan menggunakan $L = \Phi_m / I$.

2.2.2 Mutual Inductance (Induktansi Bersama)

Induktansi bersama ialah arus yang berubah-ubah dalam sebuah *coil* menginduksi tegangan gerak elektrik (tge) dalam *coil* di dekatnya, interaksi magnetik di antara dua kawat yang mengangkut arus tetap yang arus di dalam satu kawat menimbulkan suatu medan magnetik yang memberikan gaya pada arus dalam kawat kedua. Tetapi sebuah interaksi tambahan akan timbul di antara dua rangkaian itu bila ada arus yang berubah-ubah disalah satu rangkaian. Arus yang mengalir dalam *coil* menghasilkan medan magnet *B* dan karenanya menghasilkan fluks magnet melalui *coil* 2. Jika arus dalam *coil* 1 berubah, fluks yang melalui *coil* 2 juga akan berubah; menurut hokum Faraday, perubahan fluks ini menginduksi tge dalam *coil* 2, dengan cara ini, suatu perubahan arus dalam satu rangkaian dapat menginduksi arus dalam rangkaian kedua.

Induksi bersama merupakan sebuah gangguan dalam rangkaian listrik karena perubahan arus dalam satu rangkaian dapat menginduksi tge yang tidak diinginkan dalam rangkaian lainnya yang berada di dekatnya. Induksi bersama digunakan di dalam sebuah *transformator*, yang digunakan dalam arus bolak-balik untuk menaikkan atau menurunkan tegangan.

2.3 Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu: *inverter* satu fasa dan *inverter* tiga fasa. Setiap jenis *inverter* tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) *inverter* resonansi, (3) *inverter* komutasi bantu, dan (4) *inverter* komutasi komplemen.

Inverter disebut sebagai *inverter* catu tegangan (*voltage-fed inverter-VFI*) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut *inverter* catu-arus (*current-fed inverter-CFI*) apabila arus masukan selalu dipelihara konstan, dan disebut *inverter* variabel (*variable dc linked inverter*) apabila tegangan masukan dapat diatur. Selanjutnya, jika ditinjau dari proses konversi, *inverter* dapat dibedakan dalam tiga jenis, yaitu *inverter*: seri, paralel, dan jembatan. *Inverter* jembatan dapat dibedakan menjadi *inverter* setengah-jembatan (*half-bridge*) dan jembatan (*bridge*).

2.4 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

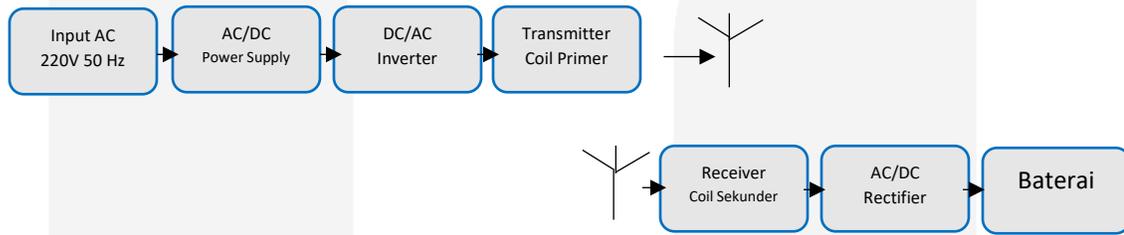
MOSFET adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silikon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dengan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

3. Perancangan sistem

Dalam perancangan kali ini akan dirancang sebuah sistem wireless charging yang mampu mentransmisikan daya pada baterai AGV 12 volt. Dalam perancangan kali ini akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian mekanik, elektronik, dan perangkat lunak. Bagian mekanik merupakan pembuatan frame untuk posisi coil primer serta penempatan masing-masing komponen secara tepat. Bagian elektronik merupakan bagian untuk menentukan arus DC yang mengalir disetiap komponen dan juga menentukan besar frekuensi dan tegangan AC yang masuk ke coil primer dan sekunder. Selain itu juga melibatkan penyambungan setiap komponen secara benar. Bagian perangkat lunak menggunakan pemrograman bahasa C sebagai bahasa pemrograman perangkat lunak ATtiny 13 untuk mengontrol frekuensi yang dihasilkan oleh inverter.

3.1 Desain Sistem

Secara umum sistem yang akan digunakan pada tugas akhir akan diilustrasikan pada diagram blok dibawah ini:



Gambar III - 1 Diagram blok perancangan sistem wireless charging

3.2 Spesifikasi Perangkat

Dalam tugas akhir ini dibutuhkan beberapa aspek pendukung yaitu perangkat keras dan perangkat lunak.

a. Perangkat keras

Tabel III - 1 Spesifikasi Perangkat Keras

NO	INFORMASI	INPUT
TRANSMITTER		
1	Power Supply	24 V/3 A
2	Inverter	
2.1	IRFP250N	100 ohm
2.2	Resistor	
2.3	Dioda	
RECEIVER		

3	Rectifier	
3.1	Dioda	
3.2	Kapasitor	1000 nf/50 v
4	Arduino Uno	

b. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

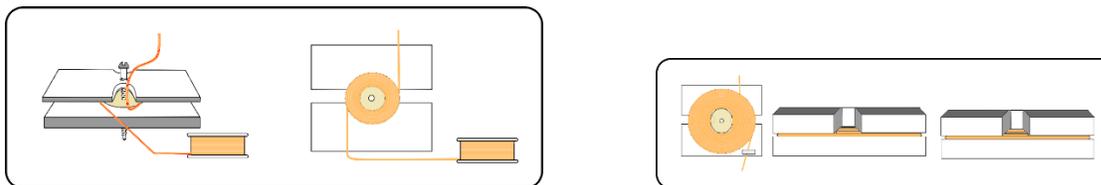
1. Arduino Uno

3.3 Desain Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras atau *hardware* terbagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan kerangka penyangga lilitan primer dan perancangan bingkai lilitan (primer dan sekunder).

3.3.1 Perancangan Bingkai Lilitan Primer dan Sekunder

Perancangan ini memiliki desain yang terbuat dari bahan isolator yaitu *duplex paper* agar tidak memengaruhi induktansi dari lilitan. Bentuk dimensi bingkai lilitan berbentuk persegi empat.



Gambar III - 2 Proses Pemasangan Kawat Tembaga Pada Bingkai

Parameter Coil

Tabel III - 2 Parameter Coil

Par.	Nilai	Satuan	Keterangan
D	100	(mm)	Diameter Coil
L	6000	(mm)	Panjang Coil
N	62	(-)	Jumlah lilitan
F	9	(kHz)	Frekuensi
L	6,3167	(μH)	Induktansi
δ_l	0,06957	(mm)	Penetration depth

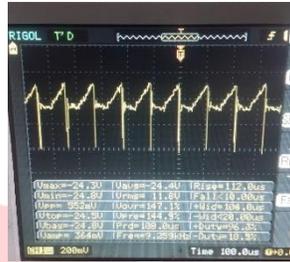
4. Pengujian dan analisis

4.1 Pengujian pada Inverter

Rangkaian inverter pada tugas akhir ini berfungsi sebagai pengubah tegangan DC menjadi Tegangan AC dengan menaikkan frekuensi menjadi 9 kHz, Oleh karena itu dilakukan pengujian terhadap rangkaian inverter ini. Pengujian inverter di bagi menjadi dua bagian yaitu inverter tanpa beban dan inverter dengan beban.

4.2.1 Inverter Tanpa Coil

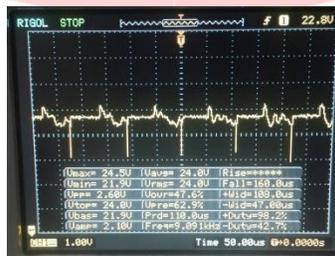
Pengujian ini menggunakan tegangan input 24V DC dan output 24V AC, berikut gambar keluaran inverter tanpa beban :



Gambar IV - 1 Sinyal inverter tanpa coil pada osiloskop

4.2.2 Inverter Dengan Coil Primer

Pengujian ini menggunakan tegangan input 26V DC dan output 24V AC, berikut gambar keluaran inverter dengan beban coil primer :



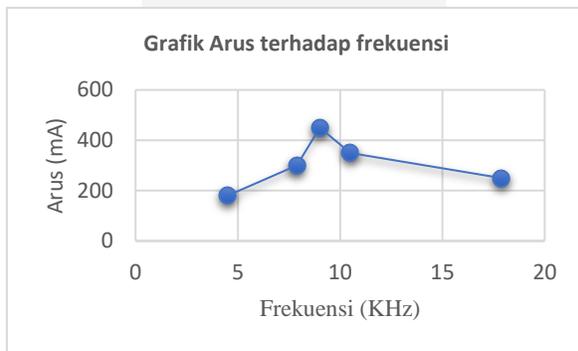
Gambar IV - 2 Sinyal inverter dengan beban coil primer pada osiloskop

4.2 Pengujian pada Coil

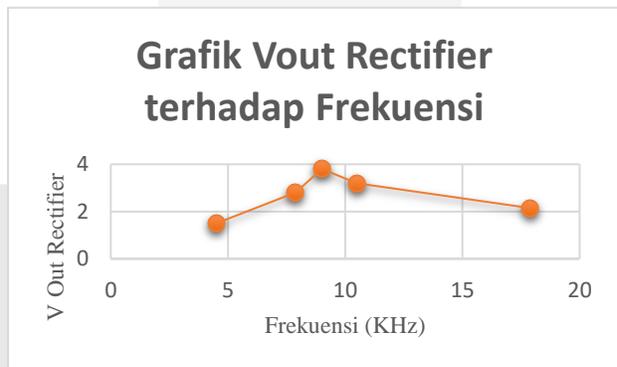
Pada pengujian coil menggunakan input dari keluaran inverter yaitu sebesar 28,9 V. Dengan kumparan primer dan sekunder 62 lilitan .

4.3.1 Pengujian pada coil (Frekuensi terhadap arus dan V output rectifier)

Dengan tegangan input coil primer 28,9 V, jarak antar coil 0 cm, tegangan output coil sekunder 11,7 V , beban resistor 10 ohm. Sehingga didapatkan data sebagai berikut:



Gambar IV - 3 Grafik pengujian arus terhadap frekuensi

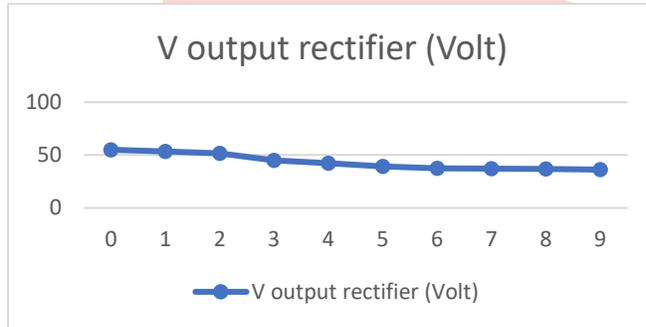


Gambar IV - 4 Grafik pengujian Vout rectifier terhadap frekuensi.

Dari data hasil pengujian di atas dapat kita ketahui bahwa pada rentang 4,5 kHz hingga 9 kHz arus mengalami peningkatan. Pada rentang 9 kHz hingga 17,9 kHz arus mengalami penurunan secara stabil. Sehingga dari data di atas pada frekuensi 9 kHz menghasilkan arus yang paling maksimal yaitu 450 mA.

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian alat keseluruhan ialah semua alat telah dirakit menjadi satu. Input tegangan AC PLN 220 V – 50 Hz diubah menjadi DC oleh power supply menjadi 24 V – 3A , kemudian diubah kembali menjadi tegangan AC dengan tujuan menaikkan frekuensi 9 KHz dan ditransmisikan oleh coil primer – sekunder . Coil sekunder terhubung dengan rectifier untuk menjadi tegangan DC kembali dan siap untuk melakukan pengisian baterai , berikut data yang diperoleh:



Dari data di atas dapat diketahui bahwa jarak antara coil primer dan sekunder sangat mempengaruhi tegangan yang dapat dihasilkan oleh coil sekunder, karena coil sekunder mendapat gaya induktansi dari coil primer. Dapat dilihat data di atas pada jarak 0 – 5 cm terjadi penurunan tegangan yang stabil pada output rectifier dan pada 5 -9 cm terjadi penurunan tegangan yang cukup signifikan. Semakin besar jarak antara coil primer dengan coil sekunder maka semakin kecil gaya induktansi yang diterima oleh coil sekunder.

Gambar IV - 5 Grafik pengaruh jarak terhadap tegangan output rectifier.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa perancangan sistem wireless charging diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jarak antara coil primer dengan coil sekunder mempengaruhi tegangan keluaran. Semakin jauh jarak antar coil maka semakin kecil tegangan keluaran yang dihasilkan.
2. Sistem pengisian daya nirkabel bekerja pada frekuensi 9 KHz dengan daya yang dihasilkan lebih dari 6,75 watt.
3. Jarak ideal untuk mendapatkan tegangan output yang optimal dari sistem wireless charging yang telah dirancang adalah 0 – 5 cm.
4. Induksi medan magnet yang dihasilkan oleh coil primer dapat mengirim energi listrik ke coil sekunder secara wireless.
5. Melakukan pengisian baterai secara wireless lebih lama dibandingkan melakukan pengisian baterai menggunakan kabel.
6. Sistem wireless charging lebih fleksibel dalam pengisian daripada melakukan pengisian baterai menggunakan kabel.

5.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan oleh penulis untuk mengembangkan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kembali rangkain inverter yang tepat untuk frekuensi tinggi.
2. Menentukan desain coil yang tepat sebagai media pengirim dan penerima gelombang elektromagnetik.
3. Diharapkan ada inovasi baru wireless charging agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. W. Xiao Lu, "Wireless Charging Technologies: Fundamentals, Standards, and Network Applications," *Journal International*, pp. 1-10, 2015.
- [2] Maulana, "Teori Dasar Mosfet," 2014.
- [3] S. h. Yudianto, *Teknologi Wireless Charging*, Yogyakarta, 2013.
- [4] M. H. Rashid, *Power Electronics: Power Electronics Circuit, device, dan application 3rd Edition*, New Jersey: Prentice Hall, 2004.
- [5] Marek P, Pavol S, Michal F, Anna K, "Wireless (Power Transfer) Transmission of Electrical Energy (Electricity) Intended for Consumer Purpose up to 50 W," *Power Engineering and Electrical Engineering*, vol. 14, pp. 40-48, 2016.
- [6] M. Ramdhani, *Elektronika 1*, Bandung: Telkom University.
- [7] M. Dr.Eng.Supriyanto, *Perambatan Gelombang Elektromagnetik*, Depok: Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia , 2007.
- [8] I.Kant, *Electromagnetic Induction*, PHYS 112.
- [9] A. I. J. G. Haitham Abu-Rubm, *High Performance Control of AC Drivers with MATLAB*, John Wiley and Sons, 2012.