

## PERANCANGAN *MAGNETIC NEAR FIELD PROBE* MURAH MENGGUNAKAN PCB FR-4 DUA LAPIS

Novemi Srihartini Almus<sup>1)</sup> dan Noptin Harpawi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru, 28265

<sup>2)</sup>Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru, 28265

E-mail: [novemi17tet@mahasiswa.pcr.ac.id](mailto:novemi17tet@mahasiswa.pcr.ac.id)

### Abstract

The high density of circuit integration results in complex electromagnetic interference (EMI). Near-field measurement mapping is an effective method for locating radiation sources, redesigning circuits, and improving the EMC performance of electronic systems. Therefore, the probe is a key component in near-field measurements. The near-field probe is an appropriate probe for this measurement because it is capable of measuring radio frequency (RF) magnetic field levels from small sources. In this study, a magnetic near-field probe was designed and implemented using a two-layer FR-4 PCB with a relative permittivity value of 4.6. The working frequency of the probe is 10 KHz to 1 GHz. The probe is designed on the basis of a loop with a microstrip transmission line. The minimum return loss from the simulation results is -31.79 dB at a frequency of 502 MHz with a VSWR of 1.053, while the minimum return loss from the fabrication result is -23.17 dB at a frequency of 935 MHz with a VSWR of 1.149. To measure the power level using the DUT EM Demo Board with a measurement distance of 1 cm to 6 cm. The greater the measurement distance, the smaller the power level value and vice versa.

**Keywords:** *Near-Field Probe, PCB FR-4, Loop, Microstrip*

### Abstrak

Kepadatan yang tinggi dari integrasi rangkaian menghasilkan interferensi elektromagnetik (EMI) yang rumit. Pemetaan pengukuran near-field adalah metode yang efektif untuk menemukan sumber radiasi, mendesain ulang sirkuit, dan meningkatkan kinerja EMC dari sistem elektronik. Oleh karena itu, probe adalah komponen kunci dalam pengukuran near-field. Near-field probe merupakan probe yang tepat untuk pengukuran ini karena mampu mengukur tingkat medan magnet frekuensi radio (RF) dari sumber yang kecil. Pada penelitian ini dirancang dan diimplementasikan magnetic near-field probe menggunakan PCB FR-4 dua lapis dengan nilai permitivitas relatif 4,6. Frekuensi kerja probe yaitu 10 KHz hingga 1 GHz. Probe dirancang berdasarkan loop dengan saluran transmisi microstrip. Return loss minimum dari hasil simulasi sebesar -31,79 dB pada frekuensi 502 MHz dengan VSWR 1,053, sementara return loss minimum dari hasil fabrikasi sebesar -23,17 dB pada frekuensi 935 MHz dengan VSWR 1,149. Untuk pengukuran level daya menggunakan DUT EM Demo Board dengan jarak pengukuran 1 cm hingga 6 cm. Semakin besar jarak pengukuran maka nilai level daya semakin kecil dan juga sebaliknya.

**Kata Kunci:** *Magnetic Near-Field Probe, PCB FR-4, Loop, Microstrip*

---

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Munculnya layanan telekomunikasi modern saat ini mengarah pada perkembangan yang luas dan integrasi sirkuit sinyal campuran yang berukuran kecil dan berkecepatan tinggi. Kepadatan yang tinggi dari integrasi rangkaian menghasilkan interferensi elektromagnetik (EMI) yang rumit. Pemetaan pengukuran *near-field* adalah metode yang efektif untuk menemukan sumber radiasi, mendesain ulang sirkuit, dan meningkatkan kinerja EMC dari sistem elektronik. Oleh karena itu, *probe* adalah komponen kunci dalam pengukuran *near-field* (Yan et al., 2016).

Ada dua jenis *probe* yaitu *near-field probe* dan *far-field probe* (Aghdam et al., 2011). *Far-field probe* memiliki ukuran *probe* yang besar dan *bandwidth* yang kecil sehingga tidak dapat mengukur daya dari sumber yang kecil. *Near-field probe* lebih cocok untuk mengukur tingkat medan magnet frekuensi radio (RF) dari sumber yang kecil. *Magnetic probe* dengan *electric shielding* menawarkan redaman yang lebih baik pada medan listrik yang tidak diinginkan dan memberikan resolusi spasial yang lebih baik ketika dibuat dengan lapisan berlapis keramik *co-fired* bersuhu rendah (Chou & Lu, 2011). *Near-field probe* dengan frekuensi yang lebih tinggi hingga 20 GHz telah dilaporkan dengan menggunakan *low loss microwave substrate*, tetapi PCB *low loss microwave* jauh lebih mahal dari pada PCB FR-4 (Yan et al., 2016).

Pada penelitian ini melakukan perancangan dan implementasi *magnetic near-field probe* dengan menggunakan standar PCB FR-4 dua lapis, yang berbiaya rendah (Coonrod, 2011), dengan redaman medan listrik yang tidak diinginkan. *Probe* dapat digunakan untuk mengukur *magnetic near field* dari *range* frekuensi 10 KHz hingga 1 GHz dan mempunyai nilai *return loss*  $\leq -10$  dB serta  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ . Untuk mencegah terjadinya *skin effect* yang dapat menyebabkan munculnya redaman pada *probe*, maka dipilih *range* frekuensi yang rendah. Karena *skin effect* terjadi pada frekuensi yang meningkat ("*skin effect*", 2013).

## 2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana hasil pengukuran *return loss* dan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) dari *magnetic near-field probes* hasil simulasi?
- 2) Bagaimana hasil *return loss* dan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) dari *magnetic near-field probes* hasil fabrikasi?
- 3) Bagaimana hasil perbandingan *return loss* dan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) antara *magnetic near-field probe* hasil dari simulasi *software* dengan *magnetic near-field probe* hasil fabrikasi?
- 4) Berapa hasil pengukuran medan magnet dan level daya *magnetic near-field probe* pada frekuensi 10 KHz hingga 1 GHz?

## 3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan *magnetic near-field probes* dengan rentang frekuensi 10 KHz hingga 1 GHz untuk mengukur kekuatan *magnetic near field* dari sumber *magnetic RF (radio frequency)* atau perangkat elektronik untuk uji kesesuaian EMI.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah :

### 1) *Study* Literatur

Dalam penelitian ini dilakukan pencarian dan pengumpulan literatur serta kajian dari jurnal, buku referensi, artikel dan web yang berkaitan dengan *magnetic near-field probe* dan *printed circuit board (PCB) FR-4*.

### 2) Diskusi dan Konsultasi

Melakukan diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing mengenai penelitian ini.

### 3) Simulasi dan Fabrikasi

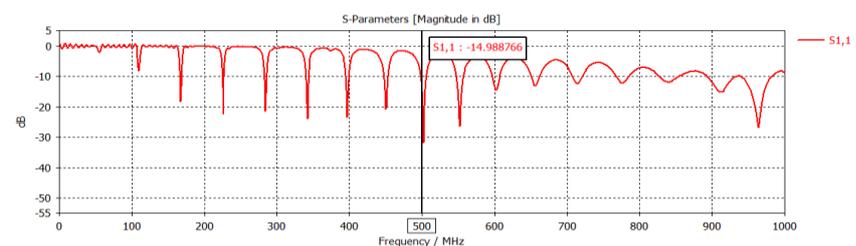
Perancangan dan simulasi *magnetic near-field probes* menggunakan *software CST* untuk mendapatkan pemodelan yang sesuai yang digunakan dalam pembuatan *probe*.

## 4) Pengujian dan Analisis

Melakukan pengukuran *return loss* dan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) pada *probe*, serta menganalisis data seperti membandingkan antara simulasi dan fabrikasi.

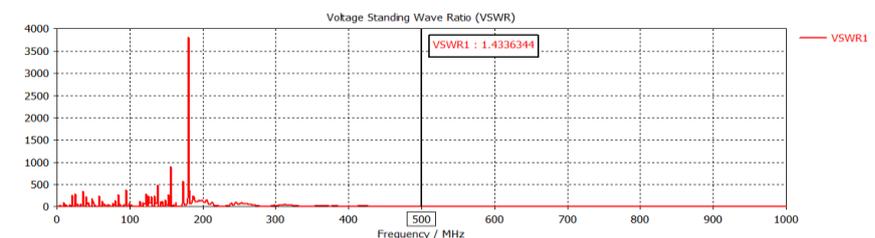
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil simulasi *magnetic near field probes* ada dua parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari *probe* yaitu *return loss* dan VSWR.



Gambar 1. Grafik *Return Loss* Hasil Simulasi

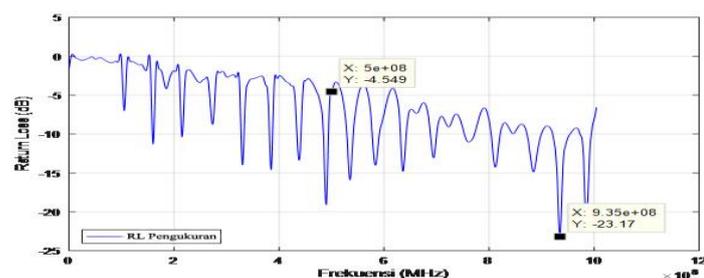
Gambar 1 merupakan grafik hasil *return loss* yang diperoleh saat simulasi. Frekuensi kerja yang digunakan untuk simulasi *probe* yaitu 10 KHz hingga 1 GHz. Berdasarkan Gambar 1 pada frekuensi 500 MHz didapatkan nilai *return loss* sebesar -14,986 dB. Dan jika dilihat pada grafik Gambar 1, disepanjang *range* frekuensi kerja masih ada nilai *return loss* yang belum memenuhi atau lebih dari -10 dB, hal ini dapat terjadi karena *bandwidth* dari frekuensi yang lebar. Pengaruh dari adanya nilai *return loss* yang belum memenuhi ini yaitu masih ada terjadinya pemantulan daya.



Gambar 2. Grafik VSWR Hasil Simulasi

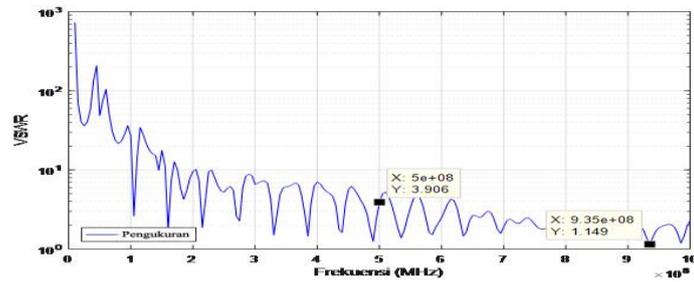
Gambar 2 merupakan grafik hasil VSWR dari hasil simulasi. Berdasarkan grafik VSWR, pada frekuensi 500 MHz diperoleh nilai VSWR yaitu 1,4336, tetapi jika dilihat pada sepanjang *range* frekuensi kerja masih ada nilai VSWR yang belum memenuhi atau nilainya  $\geq 2$ . Hal ini sama seperti nilai *return loss* yang terjadi karena *bandwidth* dari frekuensi yang lebar.

Setelah *magnetic near field probes* selesai difabrikasi maka dilakukan pengujian parameter *return loss* dan VSWR. Untuk mengukur nilai *return loss* dan VSWR ini menggunakan *network analyzer*. Frekuensi kerja yang digunakan pada saat pengukuran adalah 30 KHz hingga 1 GHz. *Range* frekuensi kerja minimum yang digunakan pada pengukuran tidak sesuai dengan *range* frekuensi kerja minimum pada simulasi, hal ini dikarenakan pada *network analyzer* frekuensi minimum yang dapat digunakan yaitu dimulai dari 30 KHz.



Gambar 3. Grafik *Return Loss* Hasil Pengukuran

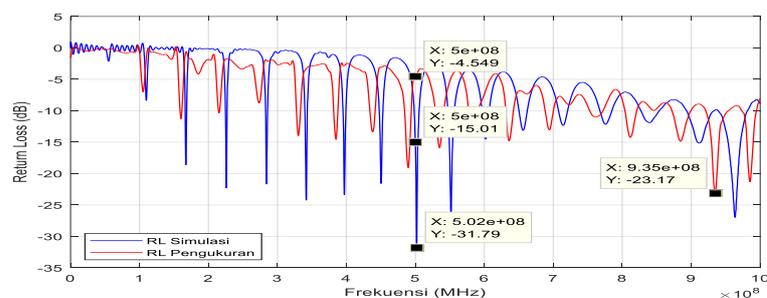
Berdasarkan Gambar 3 yang merupakan grafik *return loss* hasil pengukuran, dapat diketahui bahwa pada frekuensi 500 MHz dihasilkan nilai *return loss* sebesar -4,549 dB, nilai *return loss* ini belum memenuhi standar karna lebih dari -10 dB. Nilai *return loss* yang paling minimum dari *magnetic near field probes* hasil fabrikasi yaitu -23,17 dB pada frekuensi 935 MHz.



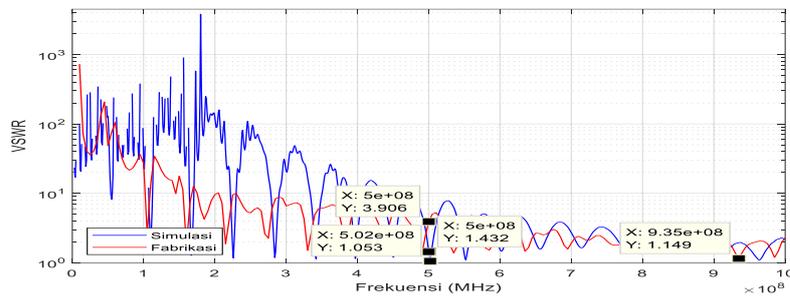
Gambar 4. Grafik VSWR Hasil Pengukuran

Gambar 4 merupakan grafik nilai VSWR hasil pengukuran. Nilai VSWR pada frekuensi 500 MHz yaitu 3,906, nilai VSWR ini juga belum memenuhi standar, karena nilainya  $\geq 2$ . Dan nilai VSWR minimum dari *probe* yaitu ketika frekuensi 935 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,149.

Grafik hasil perbandingan nilai *return loss* dan nilai VSWR hasil simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Berdasarkan dari dua gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran. Perbedaan ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh faktor *human error* yang mengakibatkan kualitas hasil fabrikasi *probe* belum optimal.



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran



Gambar 6. Grafik Perbandingan VSWR Hasil Simulasi dan Pengukuran

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 nilai *return loss* dan nilai VSWR yang paling minimum dari hasil simulasi yaitu ketika frekuensi 502 MHz, dengan nilai *return loss* sebesar -31,79 dB dan nilai VSWR 1,053. Sedangkan untuk nilai *return loss* dan nilai VSWR yang paling minimum dari hasil pengukuran yaitu pada frekuensi 935 MHz, dengan nilai *return loss* -23,17 dB dan nilai VSWR 1,149. Dari dua parameter ini dapat diketahui bahwa hasil simulasi *magnetic near field probes* lebih baik dari pada hasil pengukuran *magnetic near field probes* hasil fabrikasi, hal ini karena nilai *return loss* dan nilai VSWR hasil simulasi lebih rendah dari pada hasil pengukuran.

Pengujian level daya dari *magnetic near field probes* hasil fabrikasi menggunakan *spectrum analyzer*. Pada pengujian level daya ini juga menggunakan beberapa *magnetic probe* milik Laboratorium Politeknik Caltex Riau seperti M1 Loop, M2 Loop dan M3 Loop. Penggunaan *magnetic probe* milik Laboratorium Politeknik Caltex Riau digunakan sebagai pembandingan pada pengujian level daya. Untuk pengujian level daya ini juga menggunakan jarak yang berbeda beda. Sementara frekuensi kerja yang digunakan yaitu 10 KHz hingga 1 GHz, sedangkan untuk DUT yang digunakan yaitu EM Demo Board dengan sumber nya yaitu *Emission Reference Source* dengan frekuensi 50 MHz.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Level Daya Maksimum

Jarak Pengukuran	Nilai Level Daya Maksimum dari 4 Jenis Probe			
	M1 Loop	M2 Loop	M3 Loop	Magnetic Near Field Probe

---

1 Cm	-54,60 dBm	-54,65 dBm	-52,32 dBm	-53,97 dBm
2 Cm	-57,78 dBm	-57,20 dBm	-57,03 dBm	-54,99 dBm
3 Cm	-60,85 dBm	-58,98 dBm	-59,96 dBm	-55,69 dBm
5 Cm	-	-	-	-57,27 dBm
6 Cm	-	-	-	-60,88 dBm

---

Tabel 1 merupakan perbandingan nilai level daya maksimum dari empat jenis *probe* yang digunakan. Hasil pengukuran nilai level daya ini dipengaruhi oleh jarak yang digunakan, semakin jauh jarak yang digunakan maka nilai level daya maksimum yang dihasilkan semakin kecil (menjauhi angka 0). Jika dibandingkan nilai level daya maksimum dari ke empat *probe*, maka *probe* M1 Loop, M2 Loop, dan M3 Loop pada jarak 4 cm hasil pengukurannya sudah tidak optimal, sementara hasil pengukuran level daya dari *magnetic near field probes* sudah tidak optimal pada jarak 6 cm.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari hasil simulasi dan hasil pengukuran *magnetic near field probes* yang telah difabrikasi, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil simulasi *magnetic near field probes* didapatkan nilai *return loss* minimum sebesar -31,79 dB pada frekuensi 502 MHz, sementara dari hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* minimum pada frekuensi 935 MHz yaitu sebesar -23,17 dB.
2. Nilai VSWR minimum yang diperoleh saat simulasi adalah sebesar 1,053 ketika frekuensi 502 MHz, sedangkan nilai VSWR minimum yang dihasilkan dari pengukuran yaitu 1,149 pada frekuensi 935 MHz.
3. Pengaruh *bandwidth* dari frekuensi kerja yang lebar mengakibatkan pada frekuensi kerja tertentu masih ada nilai *return loss* dan nilai VSWR yang belum memenuhi standar.



4. Jarak pengukuran merupakan faktor yang mempengaruhi nilai pengukuran level daya. Semakin jauh jarak pengukuran maka nilai level daya yang dihasilkan semakin kecil (menjauhi angka 0), dan begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis mempunyai beberapa saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Pada proses fabrikasi *magnetic near field probes* sebaiknya dilakukan dengan ketelitian yang tinggi sehingga hasil pengukuran dari parameter yang diharapkan tidak berbeda jauh dengan hasil simulasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Yan, Z., Wang, J., Zhang, W., Wang, Y., & Fan, J. (2016). A simple miniature Ultra-wideband magnetic field probe design for magnetic near-field measurements. IEEE.
- Aghdam, K. M., Brebels, S., Enayati, A., Dana, R. F., Vandenbosch, G. A. E., Raedt, W. D. (2011). RF Probe Influence Study in Millimeter-Wave Antenna Pattern Measurements.
- Chou, Y. T. & Lu, H. C. (2011). Electric field coupling suppression using via fences for magnetic near-field shielded-loop coil probes in low temperature co-fired ceramics. IEEE.
- Coonrod, J. (2011). Understanding When To Use FR-4 Or High Frequency Laminates.
- [Kontributor TechTarget](https://whatis.techtarget.com/definition/skin-effect). (2013, November). skin effect [Web log]. Retrieved from <https://whatis.techtarget.com/definition/skin-effect>.