

ANTENA MIKROSTRIP PERSEGI DENGAN SLOT BENTUK N PADA FREKUENSI 2,4 GHZ UNTUK SISTEM RFID

A RECTANGULAR MICROSTRIP ANTENNA WITH N SLOT AT 2,4 GHZ FREQUENCY FOR RFID SYSTEM

Yohanes Paolo Pagar Sojuaon¹, Aloysius Adya Pramudita², Trasma Yunita³

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

¹paolondp@student.telkomuniversity.ac.id,

²pramuditaadva@telkomuniversity.ac.id, ³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah teknologi yang menggunakan komunikasi via gelombang elektromagnetik untuk merubah data antara terminal dengan suatu objek seperti produk barang, hewan, ataupun manusia dengan tujuan untuk identifikasi dan penelusuran jejak melalui penggunaan suatu piranti yang bernama *RFID tag*.

Pada Tugas Akhir kali ini telah dirancang dan disimulasikan antenna mikrostrip persegi dengan slot bentuk N pada frekuensi 2,4 GHz untuk sistem *RFID*. Tujuan dilakukan penambahan N slot karena *bandwidth* antenna mikrostrip yang sempit, sementara untuk *RFID* membutuhkan *bandwidth* yang lumayan besar agar bisa terbaca oleh sistem.

Hasil dari simulasi antenna mikrostrip yang optimal didapatkan *bandwidth* antenna adalah 146,4 MHz, *return loss* yang dicapai -16,450966 dB, gain antenna yang dihasilkan sebesar 4,45 dBi dan pola radiasi yang dihasilkan yaitu unidireksional. Untuk hasil pengukuran antenna didapatkan *bandwidth* antenna adalah 309,54 MHz, *return loss* yang dicapai -30,037 dB, gain antenna yang dihasilkan sebesar 4,4 dBi dan pola radiasi yang dihasilkan yaitu unidireksional. Hasil tersebut telah memenuhi spesifikasi antenna untuk sistem *RFID*.

Kata Kunci: Antena mikrostrip persegi, N-Slot, *RFID* 2,4 GHz

Abstract

Radio Frequency Identification (RFID) is a technology that uses communication via electromagnetic waves to change data between terminals and objects such as goods, animals, or humans with the aim of identifying and tracing traces through the use of a device called an *RFID tag*.

In this final project, a square microstrip antenna with an N slot at a frequency of 2.4 GHz has been designed and simulated for the *RFID* system. The goal is to add N slots because the bandwidth of the microstrip antenna is narrow, while for *RFID* it requires a fairly large bandwidth so that it can be read by the system.

The results of the optimal microstrip antenna simulation are that the antenna bandwidth is 146.4 MHz, the return loss achieved is -16.450966 dB, the antenna gain is 4.45 dBi and the radiation pattern is unidirectional. For antenna measurement results, the antenna bandwidth is 309,54 MHz, the return loss achieved is -30,037 dB, the antenna gain is 4.4 dBi and the radiation pattern is unidirectional. These results have met the antenna specifications for the *RFID* system.

Keywords: Square microstrip antenna, N-Slot, 2.4 GHz *RFID*

1. Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir perkembangan teknologi semakin pesat. Hal ini didasarkan karena kebutuhan manusia akan teknologi itu sendiri semakin banyak, karena teknologi tersebut sangat mendukung kehidupan peradaban manusia zaman sekarang. Sebagai contoh *RFID (Radio Frequency Identification)* yang banyak digunakan oleh masyarakat untuk membantu pada kehidupan sehari-hari.[1].

Di dalam *RFID* terdapat salah satu bagian yang mempunyai peranan penting yaitu antenna.. Antena merupakan teknologi yang sangat penting dalam melakukan komunikasi. Tanpa antenna komunikasi tidak akan

dapat dikirim atau diterima karena antena tersebut berperan sebagai *transceiver* maupun *receiver*. Antena tersebut mempunyai jenis yang bermacam-macam, salah satunya adalah antena mikrostrip [3].

Antena mikrostrip banyak dipakai dalam berbagai aplikasi-aplikasi gelombang mikro, baik dari bidang akademis, industri maupun untuk penelitian. Hal itu dikarenakan antena mikrostrip memiliki keunggulan yaitu bentuk yang sederhana, efisien, ekonomis, dan mudah pembuatannya, Namun antena mikrostrip mempunyai kelemahan yang mendasar, yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* yang terbatas dan daya pancar yang rendah [3].

Seiring dengan perkembangan zaman manusia terus melakukan penelitian terhadap antena mikrostrip, penelitian tersebut berfungsi untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang ada pada antena mikrostrip, salah satunya adalah bagaimana cara untuk membuat *bandwidth* antena yang sempit menjadi besar [4]. Untuk itu pada tugas akhir ini akan dibuat antena mikrostrip persegi dengan slot bentuk N pada frekuensi 2,4 GHz untuk sistem RFID.

2. Dasar Teori

2.1 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio frequency identification (RFID) adalah teknologi yang menggabungkan fungsi dari kopling elektromagnetik atau elektrostatis pada porsi frekuensi radio dari spectrum elektromagnetik, untuk mengidentifikasi sebuah obyek. Pada sistem *RFID* umumnya, *tag* atau transponder ditempelkan pada suatu obyek. Setiap *tag* dapat membawa informasi yang unik seperti *serialnumber*, model, warna, tempat perakitan, dan data lain dari obyek tersebut. Ketika *tag* ini melalui medan yang dihasilkan oleh pembaca RFID yang kompatibel, *tag* akan mentransmisikan informasi yang ada pada *tag* kepada pembaca RFID, sehingga proses identifikasi obyek dapat dilakukan [8].

2.2 Antena Mikrostrip

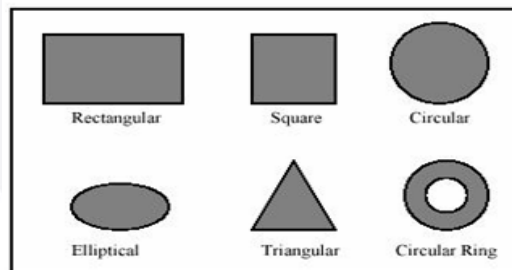
Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950 dan perkembangannya dilakukan secara serius pada tahun 1970. Melalui beberapa dekade penelitian, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur oleh bentuknya. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang paling populer saat ini. Hal ini disebabkan karena antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang sekarang ini memperhatikan bentuk dan ukuran [3].

Untuk karakteristik dasar antena mikrostrip sebagai berikut:

Berdasarkan asal katanya mikrostrip terdiri dari dua kata, yaitu *micro* (sangat kecil/tipis) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip secara umum terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

a. Patch

Pada umumnya *patch* terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas yang mempunyai bentuk bermacam-macam. Bentuk *patch* ini bisa bermacam-macam, lingkaran, persegi, persegi panjang, segitiga, ataupun *annular ring*. *Patch* ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* dan saluran pencatu biasanya terletak diatas substrat. Tebal *patch* dibuat sangat tipis ($t \ll \lambda_0$; t = ketebalan *patch*). Bentuk umum antena mikrostrip diperlihatkan pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Bentuk Umum Antena Mikrostrip

b. Substrate dielectric

Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik. Substrat biasanya mempunyai tinggi (h) antara $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$. Berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antena adalah pada *bandwidth*. Penambahan ketebalan substrat akan memperbesar *bandwidth* [3].

c. Ground Plane

Ground plane bisa terbuat dari bahan konduktor. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat. Fungsi *ground plane* adalah sebagai *ground* antena [3].

2.3 Patch Rectangular Antena Mikrostrip

Untuk menentukan panjang patch (L) terlebih dahulu menentukan konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{r \text{ eff}}$), yang dapat di cari dengan menggunakan persamaan [1]:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right) \quad (1)$$

Menghitung Panjang Patch (L) menggunakan persamaan berikut [1]

$$\Delta L = h \times 0,412 \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)}$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2fc\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2 \Delta L \quad (2)$$

Menghitung Lebar Patch (W) menggunakan persamaan berikut [1]

$$W = \frac{c}{2fc \sqrt{\frac{\epsilon_{\text{reff}} + 1}{2}}} \quad (3)$$

Menghitung Ground Plane menggunakan persamaan berikut [1]

$$L_g = 6h + L$$

$$W_g = 6h + W \quad (4)$$

Dimana:

L_g : Panjang groundplane

W_g : Lebar groundplane

h : Tinggi substrat

L : Panjang patch

W : Lebar patch

2.4 Perhitungan Saluran Mikrostrip

Untuk menggunakan energi dari sumbernya ke antena mikrostrip diperlukan sebuah pencatu (*feeding*). Posisi pencatutan harus dipilih sedemikian rupa agar *matching* antara konektor luar yang biasanya dibuat standar 50Ω dengan impedansi masukan dari antena mikrostrip sebesar 50Ω [1].

Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan persamaan berikut [1]:

$$W_{\text{stripline}} = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \ln(B-1) + 0,39 + \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \quad (5)$$

Dimana :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Untuk menghitung panjang saluran mikrostrip diberikan persamaan berikut [1]:

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

$$L_{\text{stripline}} = \frac{\lambda_g}{4} \quad (8)$$

2.5 Perhitungan Lebar Slot

Antena mikrostrip yang telah ditambahkan slot menyebabkan kopling induktif dihantarkan dari catuan menuju ke slot. Kopling induktif yang semakin besar dapat menyebabkan faktor kualitas antena menjadi berkurang. Penurunan faktor kualitas berdampak pada *bandwidth* antena menjadi lebih lebar [1]

Untuk mendapatkan hasil parameter antena yang baik perbandingan antara panjang dan lebar *slot* adalah 10:1, hal tersebut akan berpengaruh terhadap *back radiation* serta impedansi saluran [7]. Perhitungan dari dimensi *slot* adalah sebagai berikut:

$$\text{Panjang slot} = 0,1477 \times \lambda_d \quad (9)$$

$$\text{Lebar slot} = 0,0164 \times \lambda_d \quad (10)$$

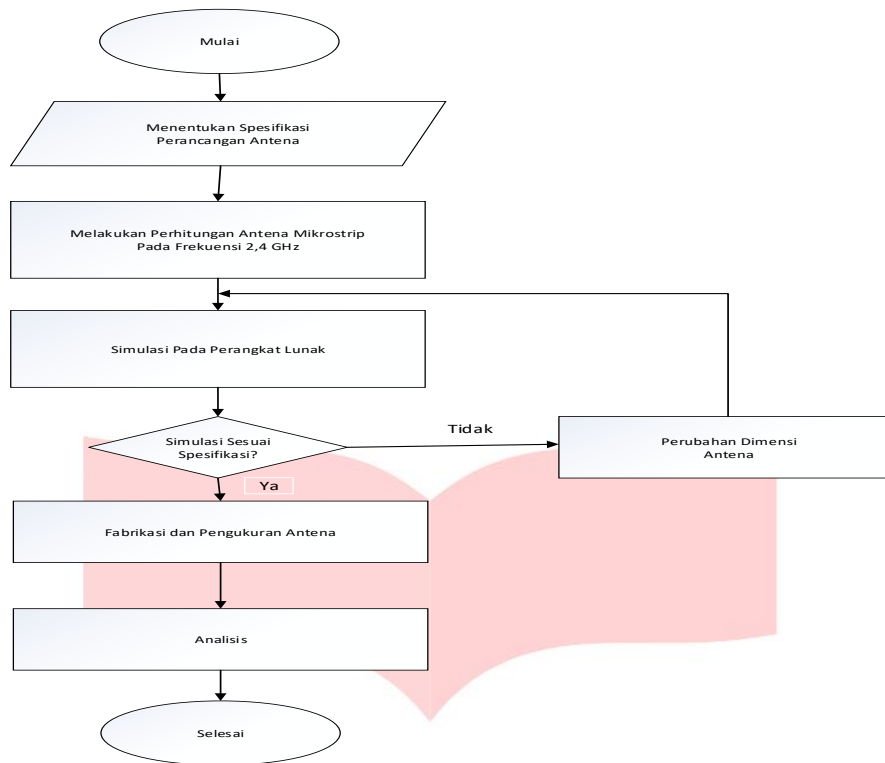
Dimana dapat dilihat pada persamaan (10)

$$\lambda_d = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (11)$$

3. Pembahasan

3.1 Diagram Alir Antena

Diagram alir dari antena mikrostrip bentuk persegi dengan bentuk slot N pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Diagram Alir Antena

Dari *flowchart* diatas untuk memulai merancang suatu antenna hal yang harus dilakukan pertama adalah menentukan spesifikasi perancangan antenna. Setelah itu melakukan perhitungan untuk dimensi-dimensi antenna. Dari dimensi antenna yang sudah dihitung, hasilnya dimasukkan kedalam perangkat lunak untuk disimulasikan. Dari hasil simulasi jika belum memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan, dilakukan simulasi secara terus menerus sampai mendapatkan spesifikasi antenna yang diinginkan. Jika sudah mendapatkan hasilnya, dilakukan analisis terhadap antenna tersebut.

3.2 Spesifikasi Antena

Untuk spesifikasi antenna dan substrat antenna dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1 Spesifikasi Antena Mikrostrip Persegi

Frekuensi Kerja	2,4 GHz
Return Loss	≤ -10 dB
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
<i>Gain</i>	$>1,5$ dBi
<i>Bandwidth</i>	>100 MHz

Pada Tabel 1 untuk spesifikasi antenna mikrostrip yang dipakai yaitu frekuensi 2,4 GHz dengan return loss lebih kecil dari -10 dB, pola radiasi *unidirectional*, *gain* lebih besar dari 1,5 dBi dan *bandwidth* lebih besar dari 100 MHz.

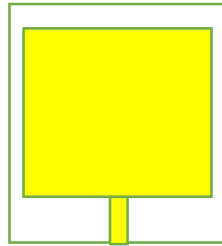
Tabel 2 Spesifikasi Substrat FR-4 Epoxy

Jenis Substrat	FR-4 Epoxy
Konstanta Dielektrik	4,3
Ketebalan Lapisan Dielektrik	1,6 mm
Ketebalan Bahan Konduktor	0,1 mm

ada Tabel 2 untuk spesifikasi substrat antenna yang dipakai yaitu FR-4 Epoxy dengan konstanta dielektrik 4,3, ketebalan lapisan dielektrik 1,6 mm dan ketebalan bahan konduktor 0,1 mm.

3.3 Simulasi Antena Tanpa Slot

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bentuk awal untuk antena mikrostrip tanpa slot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3



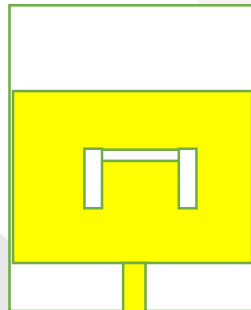
Gambar 3. Simulasi Awal Antena Tanpa Slot

Ukuran dimensi yang didapatkan dari hasil perhitungan awal ditunjukkan pada Tabel 3
Tabel 3 Ukuran Dimensi Antena Simulasi Awal Tanpa Slot

Variabel	Nilai	Keterangan
W_g	39,6 mm	Lebar Ground Plane
W_p	30 mm	Lebar Patch
L_g	28,8 mm	Panjang Ground Plane
L_p	19,2 mm	Panjang Patch
W_f	1,457 mm	Lebar Feedline
L_f	3,75 mm	Panjang Feedline
h	1,6 mm	Tebal Substrat
t	0,035 mm	Tebal Patch

3.4 Simulasi Antena Dengan Slot

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bentuk antena mikrostrip dengan slot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Simulasi Akhir Antena Dengan Slot

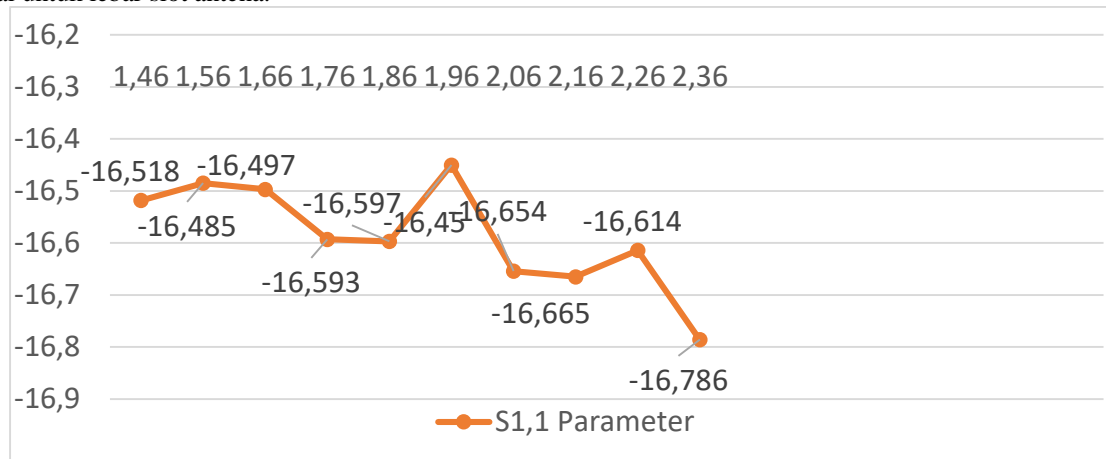
Ukuran dimensi yang didapatkan dari hasil simulasi antena dengan ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4. Ukuran Dimensi Antena Dengan Slot

Variabel	Nilai	Keterangan
W_g	24,4 mm	Lebar Ground Plane
W_p	23,9 mm	Lebar Patch
L_g	46,8 mm	Panjang Ground Plane
L_p	28,6 mm	Panjang Patch
W_f	1,1 mm	Lebar Feedline
L_f	3 mm	Panjang Feedline
W_s	1,96 mm	Lebar Slot
L_s	9,63 mm	Panjang Slot
h	1,6 mm	Tebal Substrat
t	0,035 mm	Tebal Patch

3.5 Simulasi Perubahan Lebar Slot (Ws)

Gambar 5 menunjukkan grafik perubahan nilai S11 parameter yang dilakukan dengan melakukan perubahan nilai nilai untuk lebar slot antenna.

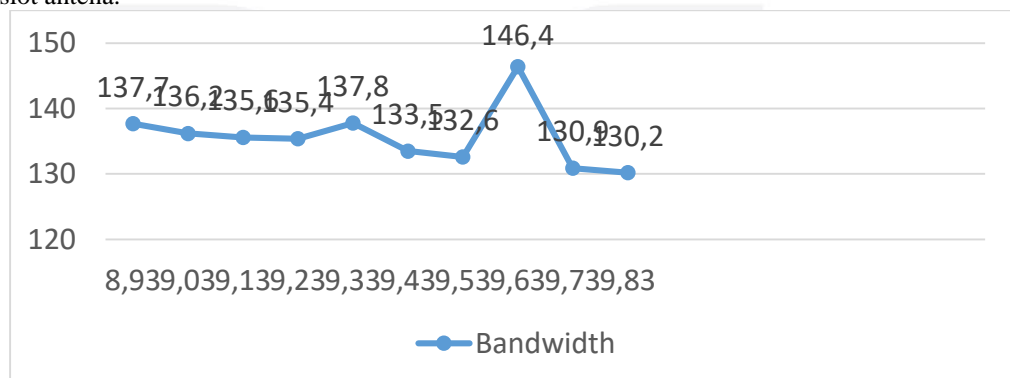


Gambar 5 Grafik S11 Parameter Nilai Ws Antena Dengan Slot

Pada Gambar 5 dapat dilihat grafik nilai Ws S11 parameter antenna dengan slot. Grafik tersebut menunjukkan nilai S11 parameter yang cenderung mengalami penurunan dari ukuran 1,46 – 2,36 mm. Dari grafik tersebut menunjukkan semakin besar nilai Ws maka akan mengakibatkan nilai S11 parameter yang semakin baik. Nilai S11 parameter untuk Ws ini sudah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan yaitu -10 dB.

3.6 Simulasi Perubahan Panjang Slot (Ls)

Gambar 6 menunjukkan grafik perubahan nilai bandwidth yang dilakukan dengan melakukan perubahan nilai nilai untuk lebar slot antenna.

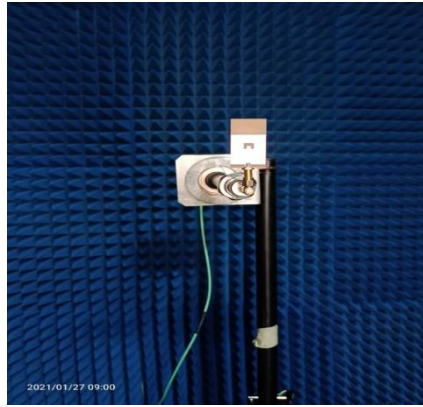


Gambar 6 Grafik Ls Nilai Bandwidth Antena Dengan Slot

Pada Gambar .6 dapat dilihat grafik Ls nilai bandwidth antenna dengan slot. Grafik tersebut disimulasikan dari ukuran Ls sebesar 8,93 mm sampai dengan 9,83 mm. Hasil dari simulasi ukuran tersebut menunjukkan semakin besar nilai Ls yang disimulasikan cenderung mengalami penurunan untuk nilai bandwidthnya. Nilai bandwidth ini udah memenuhi spesifikasi bandwidth antenna yang diinginkan yaitu > 100 MHz.

3.7 Fabrikasi dan Pengukuran Antena

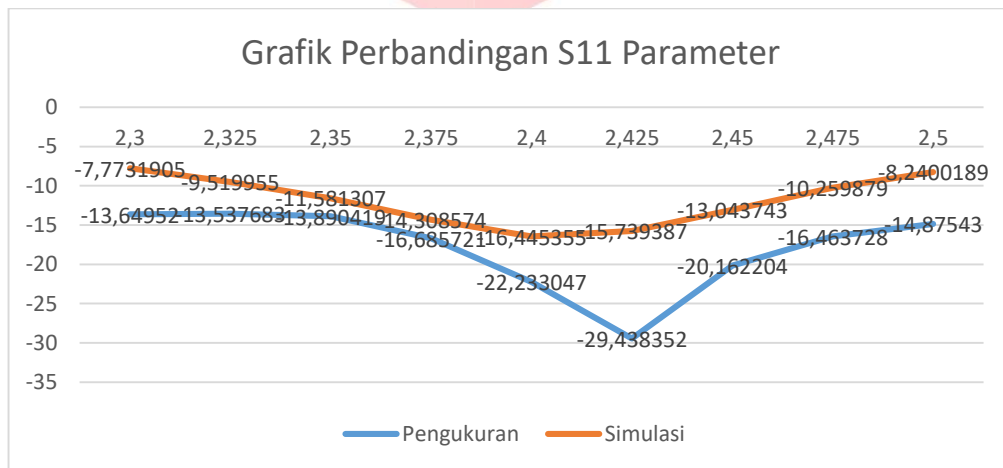
Antena yang sudah disimulasikan hasilnya kemudian difabrikasi dan dilakukan pengukuran untuk mendapatkan hasil untuk parameter parameter yang diinginkan.



Gambar 7. Pengukuran Antena Yang Sudah Difabrikasi

3.8 Analisis Nilai S11 Parameter

Grafik S11 parameter untuk antena mikrostrip dengan slot untuk pengukuran dan simulasi dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 8 Grafik Perbandingan S11 Parameter Antena

Grafik tersebut menunjukkan hasil yang berbeda. Untuk antena dengan slot hasil simulasi nilai S11 parameter sudah memenuhi standar yang diinginkan yaitu sebesar -16,450966 dB pada frekuensi kerja yang diinginkan. Untuk hasil pengukuran antena dengan slot nilai S11 parameter sudah memenuhi standar yang diinginkan yaitu sebesar -22,233047 dB pada frekuensi kerja 2,4 GHz.

3.9 Analisis Nilai Bandwidth

Nilai *bandwidth* antena dengan slot untuk simulasi bisa ditetapkan karena nilai *return loss* sudah mencapai -10 dB, dan sudah membentuk kurva antena. Nilai *bandwidth* antena tersebut didapatkan dari frekuensi 2,3322 GHz – 2,4786 GHz. Nilai *bandwidth* antena dengan slot untuk simulasi yaitu 146,4 MHz dan sudah memenuhi spesifikasi *bandwidth* antena yang diinginkan yaitu >100 MHz. Untuk pengukuran antena, nilai *bandwidth* antena dengan slot bisa ditetapkan karena nilai *return loss* sudah mencapai -10 dB, dan sudah membentuk kurva antena. Nilai *bandwidth* antena tersebut didapatkan dari frekuensi 2,2582600 GHz – 2,5678000 GHz. Nilai *bandwidth* antena dengan slot untuk pengukuran yaitu 309,54 MHz dan sudah memenuhi spesifikasi *bandwidth* antena yang diinginkan yaitu >100 MHz.

3.10 Analisis Pola Radiasi dan Gain

Untuk pola radiasi yang dihasilkan dari antenna dengan slot untuk simulasi dan pengukuran yaitu pola radiasi *unidirectional*. Pola radiasi tersebut sudah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan. Disebut pola radiasi *unidirectional* karena pola radiasi antenna yang pancaran dan penerimanya hanya satu tempat atau satu arah. Untuk pola radiasi dan *gain* antenna tanpa slot dan dengan slot simulasi akhir dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Pola Radiasi dan Gain Antena Tanpa Slot dan Dengan Slot

Antena Mikrostrip	Pola Radiasi	Gain
Simulasi	<i>Unidirectional</i>	4,45 dBi
Pengukuran	<i>Unidirectional</i>	4,4 dBi

Untuk nilai *gain* antenna yang didapat antenna dengan slot untuk simulasi dan pengukuran sudah memenuhi standar untuk spesifikasi antenna yang diinginkan yaitu sama sama sebesar 4,45 dBi dan 4,4 dBi. Sedangkan untuk spesifikasi antenna yang diinginkan yaitu lebih besar dari 1,5 dBi.

3.11 Perbandingan Antena Dengan Slot Simulasi dan Pengukuran

Untuk perbandingan antenna dengan slot simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6 Tabel Perbandingan Antena Tanpa Slot Dan Dengan Slot

Parameter Antena	Pengukuran	Simulasi	Spesifikasi Antena
S11	-30,037 dB	-16,450966 dB	≤ -10 dB
Bandwidth	309,54 MHz	146,4 MHz	>100 MHz
Pola Radiasi	<i>unidirectional</i>	<i>unidirectional</i>	<i>unidirectional</i>
Gain	4,4 dBi	4,45 dBi	$>1,5$ dBi

Dari Tabel 6 dapat dilihat secara keseluruhan hasil antenna dengan slot untuk simulasi dan pengukuran. Nilai tersebut menunjukkan perbedaan untuk nilai S11 parameter, *bandwidth* dan *gain* antenna. Dan terdapat persamaan untuk pola radiasi antenna. Berdasarkan Tabel 6 didapatkan untuk pengukuran antenna dengan slot hasil yang didapatkan lebih baik dibandingkan simulasi antenna dengan slot. Nilai *bandwidth* hasil pengukuran antenna yaitu sebesar 309,54 MHz, nilai ini 2 kali lebih besar dibandingkan nilai *bandwidth* untuk simulasi antenna dengan slot. Untuk *gain* yang dihasilkan dari simulasi antenna dengan slot lebih baik dibandingkan dengan nilai *gain* yang dihasilkan untuk pengukuran antenna.

4. Kesimpulan

1. Perubahan nilai parameter lebar slot antenna menghasilkan nilai *bandwidth* yang cenderung semakin kecil dan perubahan nilai parameter panjang slot antenna juga akan menghasilkan nilai *bandwidth* yang cenderung semakin kecil juga.
2. Hasil simulasi S11 Parameter untuk antenna dengan slot nilainya sebesar -16,450966 dB dan hasil pengukuran S11 parameter untuk antenna dengan slot sebesar -30,037 dB. Untuk pengukuran antenna nilai S11 parameter yang dihasilkan lebih baik dibandingkan untuk simulasi antenna dengan slot.
3. Berdasarkan hasil simulasi terbukti bahwa dengan menambahkan N Slot pada antenna mikrostrip dapat meningkatkan nilai *bandwidth* hingga 100 MHz dibandingkan antenna mikrostrip tanpa N Slot
4. Pola radiasi yang dihasilkan untuk antenna dengan slot untuk simulasi dan pengukuran slot sama yaitu pola radiasi *unidirectional*. Sementara untuk nilai *gain* antenna dengan slot untuk simulasi sebesar 4,45 dBi dan untuk pengukuran sebesar 4,4 dBi.
5. Berdasarkan hasil simulasi pada perangkat lunak dan pengukuran, antenna mikrostrip dengan slot sudah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan dan dapat bekerja sebagai antenna pada frekuensi 2,4 GHz.

References

- [1] Alaydrus, Mudrik. 2011. Antena Prinsip & Aplikasi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] A. Lozano-Nieto, RFID Design Fundamentals and Applications, Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2010.
- [3] J.D. Krauss, R.J. Marhefka, "Antennas for All Applications": New Delhi, McGraw-Hill, 1997
- [4] Y. Ariko, T. A. Riza, and Y. Wahyu. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Dual-Band Menggunakan Slot Berbentuk U Untuk Aplikasi WIFI". *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 2 pp. 2355–9365, 2015.
- [5] K. Aditama, E. Wisniana, and M. Yunus. "Desain Miniaturisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan Slot Loading Technique Rectangle Slot untuk Aplikasi LTE 1800". Seminar Nasional Microwave, Antena dan Propagasi (SMAP) 2018, Unpak.

- [6] Notis, D. T., Liakou, P. C., & Chrissoulidis, D. P. Dual polarized microstrip patch antenna, reduced in size by use of peripheral slits. In *Microwave Conference, 2004. 34th European* (Vol. 1, pp. 125-128). IEEE. (2004, October).
- [7] D. M. Pozar, "A Review of Aperture Coupled Microstrip Antennas: History, Operation, Development, and Applications," USA: University of Massachusetts, (1996).
- [8] Ahson, dan Ilyas. 2008. "RFID Handbook Applications, Technology, Security, and Privacy". United States of America : CRC Press.
- [9] Datta. 2016. "Radio Frequency Identification Technology: An Overview Of its Components, Principles and Applications". *International Journal Of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, Volume 5, Issue 2.
- [10] Golding dan Tennant. 2008 "Evaluation of a Radio Frequency Identification (RFID) Library System: Preliminary Results". *International journal of multimedia and ubiquitous Engineering* Vol. 3, No 1.
- [11] Kaur, Mohan dan Sandhu, 2011. "RFID Technology Principles, Advantages, Limitations & Its Applications". *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, Vol. 3, No.1.
- [12] Surjani, Indra. 2010. *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.
- [13] S. K. Sharma and M. Rattan, "Analysis of Broad Banding and Minimization Techniques for Square Patch Antenna," *IETE Journal of Research*, vol. 56, no. 2, 2010
- [14] D. Chen and C. H. Cheng, "A novel compact ultra-wideband (UWB) wide slot antenna with via holes," *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 95, no. 343- 349, 2009.
- [15] A. Singh, A. Arya and S. Sharma, "High Gain of C Shape Slotted Microstrip Patch Antenna for Wireless System," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 7, no. 11, 2012.