

# KARAKTERISASI ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA SAMASISI DENGAN FREKUENSI KERJA 2,4 GHz UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS

Rolly Ega Suganda<sup>1</sup>, Nurma Sari<sup>1</sup>, dan Suryajaya<sup>1</sup>

**ABSTRAK.** Telah dibuat antena mikrostrip *patch* segitiga samasisi dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Antena mikrostrip *patch* segitiga dipilih karena memiliki dimensi yang lebih kecil untuk menghasilkan radiasi dan frekuensi kerja yang sama dibandingkan bentuk geometris lainnya. Mikrostrip *patch* segitiga samasisi dibuat melalui tahap-tahap simulasi, fabrikasi, dan karakterisasi. Program simulasi antena mikrostrip dibuat menggunakan fitur GUI pada pemrograman *Matlab*. Antena yang telah difabrikasi, dibuat pada substrat FR4 dengan  $\epsilon_r$  4,7 pada ketebalan 1,6 mm dan 1,0 mm, variasi yang diterapkan adalah ukuran substrat yang dibuat pada luasan 55mmx55mm dan 60mmx60 mm, dengan total keseluruhan berjumlah empat sampel antena. Pada kondisi ideal keempat sampel harus memiliki *return loss* -54,4223 dB; VSWR 1,00; impedansi 49,81 ohm; dan *gain* 6,93 pada ketebalan substrat 1,6 mm dan 4,89 pada ketebalan substrat 1,0 mm. Hasil karakterisasi yang telah dilakukan didapatkan nilai *return loss* keempat sampel berurutan sebesar -19,558; -20,416; -17,25 dan -8,97 dB, VSWR berurutan bernilai 1,24; 1,21; 1,32 dan 2,26, Impedansi bernilai 56,734; 56,457; 54,069 dan 55,641 ohm, dan *gain* bernilai 2,21; 2,23; 2,1 dan 2,22 dB. Pola radiasi azimuth dan polarisasi membentuk kuncup besar dan kuncup belakang yang dominan, padahal pada kondisi ideal kuncup belakang dominan hanya terjadi pada antena *omnidirectional*. Pola radiasi elevasi membentuk pola menyerupai setengah lingkaran yang tidak sempurna ke arah *gain* maksimum. Dari keempat sampel, hanya antena empat yang tidak memenuhi syarat untuk digunakan pada frekuensi kerja 2,4 GHz, karena memiliki *return loss* dan VSWR yang tidak memenuhi standar.

**Kata kunci:** komunikasi wireless, antena mikrostrip patch segitiga, Matlab

## PENDAHULUAN

Komunikasi nirkabel (*wireless*) adalah salah satu bidang yang paling dinamis dalam dunia komunikasi modern. Komunikasi *wireless* hadir karena komunikasi menggunakan kabel dianggap kurang praktis. Hal inilah yang menyebabkan perkembangan komunikasi *wireless* mengalami perkembangan yang sangat signifikan

pada beberapa dekade terakhir, termasuk perkembangan pada komponen elektronik penyusunnya. Salah satu komponen elektronika yang paling berperan pada sistem komunikasi *wireless* adalah antena. (Tse & Viswanath, 2005).

Antena adalah perangkat yang memungkinkan terjadinya transfer sinyal dalam bentuk gelombang

---

<sup>1</sup>Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat  
Email:rollyega@outlook.co.id

elektromagnetik yang dipancarkan melalui ruang bebas dan dapat diterima oleh antena lain (Eibert & Volakis, 2007). Mengingat fungsinya yang sangat penting, para produsen selalu mengembangkan desain, bentuk dan teknologi antena seiring waktu. Salah satu jenis antena yang mudah dikembangkan dan dimodifikasi ialah antena mikrostrip.

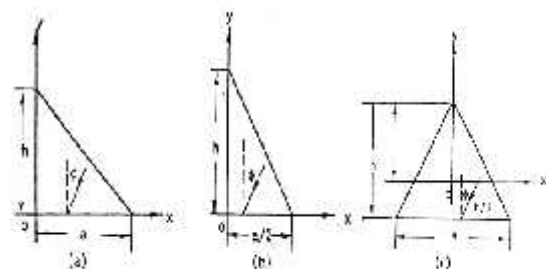
Antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi saat ini, yang mana sangat memperhatikan ukuran dan bentuk. Antena mikrostrip dibuat berdasarkan dimensi dengan *patch* tertentu yang akan membentuk pola radiasi dan memancarkan gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Antena mikrostrip memerlukan sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai simulator untuk menentukan dimensi pada suatu *patch*. Perangkat lunak matlab dapat dipergunakan sebagai simulator antena mikrostrip dengan memanfaatkan fitur GUI.

Antena mikrostrip memiliki banyak bentuk geometris yang dipergunakan sebagai bentuk dasar *patch*. Antena mikrostrip *patch* berbentuk segitiga samasisi pada frekuensi yang sama memiliki dimensi yang lebih kecil

dibandingkan bentuk geometris lainnya sehingga lebih efisien tempat.

### Antena Mikrostrip Segitiga

Antena mikrostrip merupakan antena berbentuk geometri, yang dapat difabrikasi dengan mudah. Antena mikrostrip dapat dibagi menjadi empat kategori dasar yaitu antena mikrostrip *patch*, antena mikrostrip *dipole*, antena mikrostrip *slot printed* dan antena mikrostrip *travelling-wave*. (Chang, 2000). Sebuah antena mikrostrip *patch* terdiri dari *patch* dari setiap planar atau non-planar geometri pada satu sisi substrat dielektrik dengan *ground* di sisi lain. Salah satu bentuk *patch* antena mikrostrip adalah segitiga. Bentuk segitiga ini terbagi berdasarkan besar ketiga sudutnya yaitu,  $45^{\circ}$ - $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , dan segitiga samasisi dengan sudut  $60^{\circ}$ - $60^{\circ}$ - $60^{\circ}$ , seperti terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Antena mikrostrip *patch* segitiga (Tu, 1983).

Pada antena mikrostrip segitiga samasisi nilai frekuensi resonansi suatu

peradiasi segitiga samasisi yang dikopel pada mode TM<sub>mn</sub> dinyatakan dengan Persamaan 1:

$$f_{r,nm} = \frac{2c}{3a \sqrt{\epsilon_r \mu_{eff}}} m^2 + mn + n^2 \quad (1)$$

$f_r$  adalah frekuensi resonansi (GHz),  $c$  adalah kecepatan cahaya bernilai  $3 \times 10^8$  m/s,  $\mu_0$  adalah permeabilitas ruang vakum,  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik bahan,  $\mu_{eff}$  adalah permitivitas bahan dielektrik, dan  $a$  adalah panjang sisi segitiga (mm). Pada aplikasi mode dominan TM<sub>10</sub>, digunakan persamaan 2.

$$f_r = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}}$$

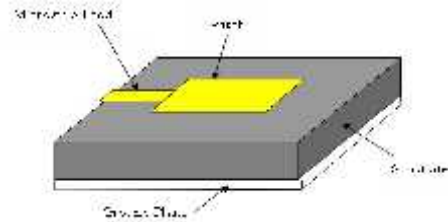
atau

$$a = \frac{2c}{3f_r\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

(Chang, Bahl & Nair, 2002).

### Saluran Transmisi Antena Mikrostrip

Ada beberapa buah teknik penyambungan dalam fabrikasi antena mikrostrip yaitu penyambungan garis mikrostrip yaitu penyambungan garis mikrostrip (*microstrip line feed*), penyambungan koaksial (*coaxial feed*), penyambungan celah bergabung (*aperture coupled feed*), dan penyambungan proksimasi bergabung (*proximity coupled feed*). Gambar 5 menunjukkan teknik penyambungan garis mikrostrip (Pambudhi, Darjat, & Ajulian, 2010).



**Gambar 2.** Penyambungan garis mikrostrip (*microstrip line feed*)

Dalam teknik penyambungan garis mikrostrip sebuah *patch* dihubungkan dengan tepi substrat yang terhubung dengan konektor. Daerah penyambungan ini disebut saluran transmisi (Chang, 2000). Saluran transmisi merupakan suatu media rambatan bagi gelombang yang dikirimkan dari sumber ke beban yang berada di ujung saluran. Karakteristik saluran transmisi terukur pada nilai impedansi karakteristik sepanjang saluran yang dimilikinya. Besar impedansi karakteristik saluran transmisi mikrostrip ditentukan oleh spesifikasi yang terdapat pada substrat.

Dimensi saluran transmisi yang diperhitungkan hanya ukuran lebarnya saja, karena panjang saluran transmisi tidak begitu mempengaruhi nilai impedansi karakteristiknya. Lebar saluran transmisi dapat diperoleh menggunakan persamaan 4.

$$w = \frac{2h}{\pi} B - 1 - \ln 2B - 1 + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \ln B - 1 + 0,39 - \frac{0,16}{\epsilon_r} \quad (4)$$

B adalah nilai impedansi pada saluran pencatu, dimana B dapat diperoleh menggunakan persamaan:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

$Z_0$  adalah impedansi karakteristik ideal. Impedansi karakteristik saluran transmisi pada mikrostrip untuk rasio ( $w/h > 1$ ) dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Z_{in} \text{ (ohm)} = \frac{[120\pi \epsilon_{eff}^{-\frac{1}{2}}]}{\frac{w}{h} + 1,393 + 0,667 \ln(1,444 + \frac{w}{h})} \quad (6)$$

$w/h$  ialah rasio perbandingan lebar saluran transmisi terhadap ketebalan substrat, untuk konstanta permitivitas dielektrik relatif ( $\epsilon_{eff}$ ) diperoleh melalui persamaan:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + \frac{12h}{w} \right]^{-\frac{1}{3}} + 0,04 \left[ 1 - \frac{h}{w} \right]^2 \quad (7)$$

$h$  adalah ketebalan substrat (mm),  $w$  adalah lebar saluran (mm), dan  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik. (Chang, Bahl & Nair, 2002).

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu membuat program simulasi antenna mikrostrip *patch* segitiga samasisi, kemudian menjalankan program simulasi menggunakan fitur GUI pada perangkat lunak *Matlab* untuk mendapatkan dimensi antenna, dimensi yang telah didapatkan digunakan untuk proses fabrikasi, kemudian hasil

fabrikasi antenna mikrostrip dikarakterisasi, dan hasil yang diperoleh pada proses karakterisasi akan dibandingkan dengan hasil simulasi antenna mikrostrip yang telah dilakukan.

Simulasi antenna mikrostrip dibuat dan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Matlab* menggunakan fitur GUI. Fitur GUI dalam *Matlab* dapat dimanfaatkan untuk menampilkan perhitungan dimensi dan parameter antenna mikrostrip dalam sebuah tampilan sederhana (*Interface*).

Setelah membuat program simulasi antenna mikrostrip *patch* segitiga sama sisi, tahap berikutnya adalah menjalankan program tersebut untuk menentukan dimensi antenna mikrostrip yang kemudian akan difabrikasi. Program simulasi ini akan menentukan panjang sisi segitiga sama sisi dan lebar saluran transmisi ideal agar antenna mikrostrip *patch* segitiga sama sisi dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

Apabila dimensi antenna mikrostrip dan lebar saluran transmisi telah didapatkan, tahap selanjutnya adalah fabrikasi antenna mikrostrip. PCB yang digunakan dalam pembuatan antenna mikrostrip adalah PCB FR4 epoxy. Untuk menghasilkan antenna mikrostrip *single side*, bahan PCB FR4 epoxy

yang digunakan adalah PCB *double layer* dengan nilai  $r$  4,7 dengan ketebalan 1,0 dan 1,6 mm.

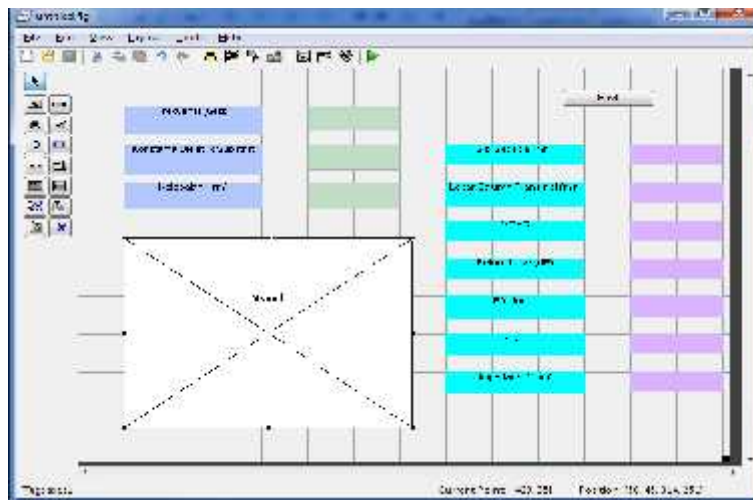
Antena mikrostrip *patch* segitiga sama sisi yang telah dipabrikasi kemudian dikarakterisasi menggunakan peralatan *Network Analyzer* dan *Spectrum Analyzer*. Hasil karakterisasi antena mikrostrip akan memperoleh parameter antena berupa: *return loss*, VSWR, impedansi, *gain*, pola radiasi dan polarisasi. Parameter antena mikrostrip yang telah diperoleh pada proses pengukuran menggunakan *Network Analyzer* dan *Spectrum*

*Analyzer* kemudian dibandingkan dengan parameter antena pada kondisi ideal yang diperoleh dari hasil simulasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Simulasi dan Pabrikasi

*Input* data pada program simulasi yang telah dibuat berupa nilai frekuensi kerja, konstanta dielektrik substrat, dan ketebalan substrat. *Output* data pada program simulasi berupa panjang sisi segitiga samasisi, lebar saluran transmisi, *return loss*, VSWR, impedansi, efisiensi, *gain*, dan pola radiasi.



Gambar 2. Program simulasi antena mikrostrip yang telah dibuat

Tahap selanjutnya ialah menjalankan program simulasi tersebut untuk memperoleh dimensi dan parameter ideal antena. Dengan memasukan nilai input frekuensi kerja sebesar 2,4 GHz, konstanta dielektrik

substrat sebesar 4,7 dan ketebalan substrat sebesar 1,6 mm dan 1,0 mm diperoleh hasil simulasi berupa panjang sisi *patch* segitiga, lebar saluran transmisi dan parameter antena pada kondisi ideal. Ketebalan

substrat sebesar 1,6 mm dan 1,0 mm dipilih sebagai variasi yang diterapkan pada proses pabrikan antenna. Selain ketebalan, variasi lain yang juga diterapkan adalah ukuran luas substrat yang digunakan yaitu sebesar 55mm x 55 mm dan 60mm x 60mm. Variasi ini diterapkan untuk

mengetahui apakah faktor ketebalan dan luasan substrat dapat berpengaruh atau tidak terhadap parameter antenna yang nantinya akan dikarakterisasi. Total antenna mikrostrip yang akan difabrikasi berjumlah 4 buah sampel, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Empat buah sampel antenna mikrostrip *patch* segitiga sama sisi dengan frekuensi kerja 2,4 GHz dengan  $\epsilon_r$  4,7

Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
Ketebalan Substrat: 1,6 mm	Ketebalan Substrat: 1,6 mm	Ketebalan Substrat: 1,0 mm	Ketebalan Substrat: 1,0 mm
Luasan substrat: 55mm x 55mm	Luasan substrat: 60mm x 60mm	Luasan substrat: 55mm x 55mm	Luasan substrat: 60mm x 60mm

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan dimensi antenna berupa panjang sisi sebesar 39,17 mm dengan lebar *feedline* 2,95 mm pada substrat dengan ketebalan 1,6 mm, serta panjang sisi sebesar 38,9 mm dengan lebar *feedline* 1,84 mm pada substrat dengan ketebalan 1 mm, dan Parameter antenna pada kondisi ideal yang diperoleh dari simulasi menunjukan nilai return loss bernilai -54,4223 dB, VSWR bernilai 1,00, impedansi bernilai 49,81, serta gain bernilai 6,93 untuk antenna dengan ketebalan substrat 1,6 mm dan 4,89 untuk antenna dengan ketebalan 1,0 mm.

Dimensi antenna mikrostrip yang telah didapatkan dari program simulasi

kemudian didesain menggunakan pemrograman grafis. Desain grafis kemudian dicetak dan dietching. Hasil etching kemudian dipasangkan konektor SMA seperti Gambar 3



Gambar 3. Antena mikrostrip yang telah siap untuk dikarakterisasi

**Karakterisasi**

Karakterisasi (Teknik pengukuran) dalam antenna mikrostrip terbagi dua jenis yaitu pengukuran medan dekat dan pengukuran medan jauh.

Pengukuran medan dekat dilakukan menggunakan perangkat *Network Analyzer*. Antena mikrostrip yang sudah difabrikasi kemudian dihubungkan dengan *port* pada *Network Analyzer*, secara otomatis parameter return loss, VSWR, dan impedansi akan tampil pada layar *Network Analyzer*.

Pengukuran medan jauh dilakukan menggunakan perangkat *spectrum analyzer*, antena referensi berupa antena *horn*, dan *sweep oscillator frequency*. Antena dipasang pada perangkat pengukuran medan jauh yang berupa pemutar sudut 360°, berhadapan langsung dengan antena referensi dengan diberi jarak 0,5 sampai 4 meter (jarak antara antena *horn* dan antena mikrostrip yang akan diuji sudah ditentukan oleh standar dan spesifikasi antena *horn* yang dipergunakan). Konektor SMA pada antena mikrostrip kemudian dihubungkan dengan *spectrum analyzer*, sedangkan antena *horn* dihubungkan ke *sweep oscillator frequency*. Pengukuran dilakukan dengan mengaktifkan antena mikrostrip sebagai pemancar gelombang elektromagnetik disaat antena *horn* diaktifkan sebagai penerima gelombang elektromagnetik,

begitupula sebaliknya. Hasil yang diperoleh mendapatkan perbandingan daya pemancar terhadap daya penerima, yang kemudian akan membentuk parameter *gain*. Untuk memperoleh parameter pola radiasi *azimuth*, pola radiasi elevasi, dan polarisasi, antena mikrostrip diaktifkan sebagai antena penerima gelombang elektromagnetik kemudian diputar perlahan setiap 10° hingga total berputar 360°, terhadap arah yang ditentukan.

Berdasarkan hasil karakterisasi, didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi kerja untuk semua sampel yang dikarakterisasi berurutan adalah -19,558, -20,416, -17,25 dan -8,97 dB. Nilai VSWR yang terukur berurutan adalah 1,24, 1,21, 1,32, dan 2,26. Nilai impedansi berturut-turut adalah 56,734, 56,457, 54,069, dan 55,641 ohm. Nilai *Gain* berturut-turut adalah 2,21, 2,23, 2,1, dan 2,22 dB.

Hasil karakterisasi pola radiasi *azimuth* dan polarisasi yang terbentuk, membentuk kuncup utama dan kuncup belakang yang dominan, padahal pada kondisi ideal kuncup belakang dominan hanya terbentuk untuk antena *omnidirectional*, sedangkan pada antena *directional* kuncup belakang yang terbentuk harus

membentuk pola yang sangat kecil dibandingkan kuncup utama. Pola radiasi elevasi menunjukkan grafik yang cukup mirip dengan kondisi ideal, yaitu membentuk pola menyerupai setengah lingkaran.

## KESIMPULAN

Semua sampel antenna yang telah dikarakterisasi menunjukkan bahwa semua sampel dapat digunakan pada frekuensi kerja 2,4 GHz, kecuali sampel 4. Berdasarkan karakteristik *return loss* dan VSWR antenna pada sampel 4 tidak memenuhi syarat untuk digunakan pada frekuensi kerja 2,4 GHz karena memiliki *return loss* di atas -10 dB dan VSWR di atas 2,0, sedangkan untuk parameter lainnya antenna pada sampel 4 memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan sampel lainnya. *Gain* antenna mikrostrip yang umumnya rendah dapat ditingkatkan dengan mengoptimasi antenna mikrostrip (*single*) patch menjadi antenna *array* dengan memodifikasi *single patch* menjadi *double patch* atau lebih.

Hasil karakterisasi antenna mikrostrip yang sedikit berbeda dengan kondisi ideal menunjukkan bahwa parameter ideal hanya dipengaruhi dimensi matematis sedangkan parameter antenna yang

telah dikarakterisasi selain dipengaruhi dimensi matematis juga dipengaruhi faktor lainnya. Faktor yang mempengaruhi perbedaan parameter hasil simulasi dan karakterisasi terbagi menjadi tiga macam yaitu faktor teknis, nonteknis, dan pemilihan bahan. Faktor teknis berupa kesalahan fabrikasi meliputi ketidakteelitian dalam skala kecil pada proses pendesainan *patch* dan saluran mikrostrip, ketidakrapian dalam pemotongan sisi substrat dan hasil etching yang tidak *smooth*. Faktor nonteknis berupa gangguan gelombang elektromagnetik eksternal (jaringan *wifi*), gangguan benda-benda sekitar yang dapat menyerap dan memantulkan gelombang elektromagnetik dan kondisi cuaca yang fluktuatif. Faktor pemilihan bahan berupa pengaruh ketebalan substrat yang digunakan dan perbedaan ketebalan konduktor (tembaga) pada masing-masing jenis substrat.

Simulasi *Matlab* yang telah dibuat dapat dipercaya sebagai acuan pembandingan antenna mikrostrip yang telah dikarakterisasi. Untuk pengukuran medan dekat seperti *return loss*, VSWR, dan impedansi, parameter hasil simulasi dengan karakterisasi memiliki selisih yang tidak terlalu signifikan. Untuk pengukuran medan jauh seperti *gain*,



pola radiasi *azimuth*, pola radiasi elevasi, dan polarisasi memiliki selisih yang cukup besar terhadap parameter ideal, ini disebabkan pengukuran medan jauh sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan kondisi sekitar, sedangkan pada kondisi ideal, lingkungan sekitar dianggap ruang bebas hambatan dan kedap elektromagnetik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chang,K. 2000. *RF and Microwave Wireless System*. Wiley: New York, Amerika Serikat.
- Chang,K, I,Bahl & V,Nair. 2002. *RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System*. Wiley: New York, Amerika Serikat.
- Eibert.T.F & J.L. Volakis. 2007. *Antennas Engineering Handbook*. The Mcgraw-Hill Companies. Amerika Serikat.
- Pambudhudi,H,T. Darjat, & A,Z,Ajulian. 2010. Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode *Aperture Coupled Feed* pada Frekuensi 800 MHz. Universitas Diponegoro: *Jurnal Transmisi*, 12 (1), 2010, 14-20.
- Tse,D& P,Viswanath. 2005. *Fundamentals of Wireless Communication*. Cambridge University Press, Inggris.
- Tu,Y. 1983. *A Study of Triangular Microstrip Antennas*. Scientific Report No. 73.