

PERANCANGAN PEMBANGKITAN FREKUENSI GANDA ANTENA MIKROSTRIP SEGITIGA SAMA SISI MENGGUNAKAN TEKNIK SAMBATAN ELEKTROMAGNETIK

Indra Surjati¹, Eko Tjipto Rahardjo², dan Djoko Hartanto²

1. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jakarta 11440, Indonesia

2. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

E-mail: indra_surjati@yahoo.com

Abstrak

Makalah ini melaporkan penelitian pada antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan menggunakan pengumpan saluran mikrostrip untuk dapat membangkitkan frekuensi ganda dengan menambahkan sepasang celah pada alas segitiga itu. Pengumpanan semacam ini disebut pengumpanan sambatan elektromagnetik. Antena mikrostrip ini bekerja pada buah frekuensi yang beroperasi di dalam jangkauan frekuensi antara 2 GHz dan 4 GHz (daerah frekuensi S band). Dari hasil simulasi terlihat bahwa frekuensi ganda antena mikrostrip segitiga sama sisi ini dapat dibangkitkan dengan lebar celah yang dibuat tetap sebesar 1 mm, sedangkan tinggi celah dapat diubah-ubah dari 10 mm sampai 14 mm dan jarak antar celah dapat diatur, mula-mula 3 mm kemudian 5 mm dan selanjutnya menjadi 7 mm.

Abstract

Design of Generating Dual Frequency Operation for Triangular Microstrip Antenna Using Electromagnetic Coupling. A new design is proposed in this paper by applying a pair of slits using a microstrip feed line. Therefore the microstrip line feeding system is electromagnetically coupled to the patch. The antenna works at two different frequencies in the range from 2 GHz to 4 GHz (S band frequency). The results of the simulation shows that the dual frequency operation can be created when the slit width is 1 mm and the height of the slits ranges from 10 mm to 14 mm with inter slit distance of 3 mm, 5 mm and 7 mm as well.

Keywords: dual frequency, triangular microstrip antenna, microstrip line

1. Pendahuluan

Saat ini teknik yang paling banyak digunakan untuk menghasilkan dua frekuensi yang berbeda adalah *reactively-loaded dual-frequency*. Pada teknik ini, dua frekuensi yang berbeda tersebut dihasilkan dengan cara menambahkan beban seperti *stub*, *notch*, *shorting-pin*, *slot* dan celah pada sebuah petak (*patch*) tunggal. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu, telah dilakukan berbagai modifikasi terhadap struktur dari *reactively loaded* petak antena untuk bentuk segitiga sama sisi menggunakan pengumpanan secara langsung atau pengumpanan kuar (*probe feed*) [1-6].

Pada dasarnya teknik pengumpanan pada antena mikrostrip dapat dibagi menjadi 2, yaitu teknik pengumpanan secara langsung dan teknik pengumpanan dengan sambatan elektromagnetik. Teknik pengumpanan secara langsung lebih sederhana tetapi mempunyai

kelemahan yakni lebar pitanya (*bandwidth*) sempit dan sangat sulit dalam bentuk larik (*array*). Dalam perkembangan selanjutnya digunakan teknik pengumpanan sambatan elektromagnetik.

Adapun kelebihan dari teknik pengumpanan ini adalah tidak ada kontak langsung antara antena dan saluran pengumpanannya sehingga proses penyepadanan (*matching*) antena mikrostrip dengan saluran pengumpanan dapat dilakukan secara terpisah sehingga dapat meningkatkan lebar pita dan mengurangi penyolderan [7]. Salah satu tipe saluran untuk teknik penyambatan elektromagnetik adalah saluran mikrostrip.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan pembangkitan frekuensi ganda dengan sepasang celah pada antena mikrostrip segitiga sama sisi menggunakan saluran mikrostrip.

2. Metode Penelitian

Panjang sisi petak segitiga sama sisi *a* Antena Mikrostrip dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$f_{10} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \tag{1}$$

dengan terlebih dahulu menentukan frekuensi kerja pada 4 GHz sehingga diperoleh sisi segitiga (*a*) yakni 26,60 mm. Sebagai saluran pengumpan digunakan saluran mikrostrip dengan impedans masukan sebesar 50 Ω. Dengan memasukkan besaran parameter-parameter substrat dan menggunakan peranti lunak [8] diperoleh karakteristik saluran seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi antena segitiga sama sisi dan saluran pengumpan.

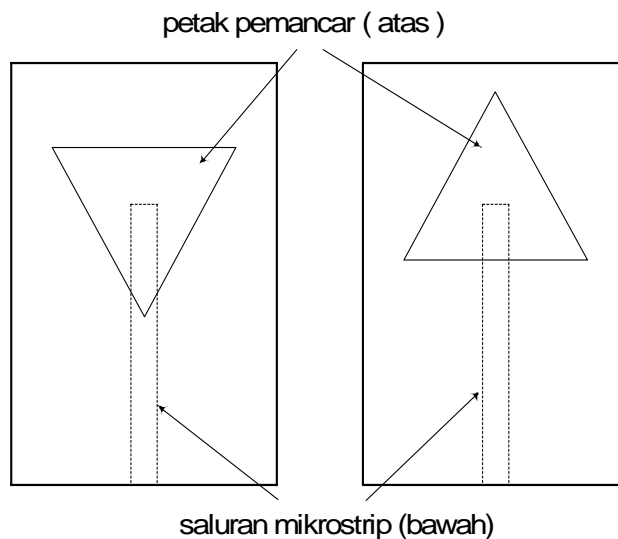
| Parameter | Spesifikasi |
|--|---------------|
| Panjang sisi segitiga (<i>a</i>) | 26,60 mm |
| Lebar saluran (<i>w</i>) | 0,315 cm |
| Permitivitas efektif, ϵ_{eff} | 3,27 |
| Atenuasi | 0,11328 dB/cm |
| Impedans karakteristik (Z_0) | 50,01 ohm |

Antena mikrostrip segitiga sama sisi yang dirancang pada penelitian ini diumpan dengan menggunakan saluran mikrostrip dengan teknik sambatan elektromagnetik. Pada penelitian ini kondisi sepadan (*matched*) antara antena dan saluran mikrostrip dilakukan dengan cara uji coba, yaitu dengan mengatur panjang saluran pengumpannya. Ada dua cara untuk mencari letak titik umpan yang terbaik, yaitu antena segitiga diumpan dari salah satu sudutnya atau dari salah satu sisinya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

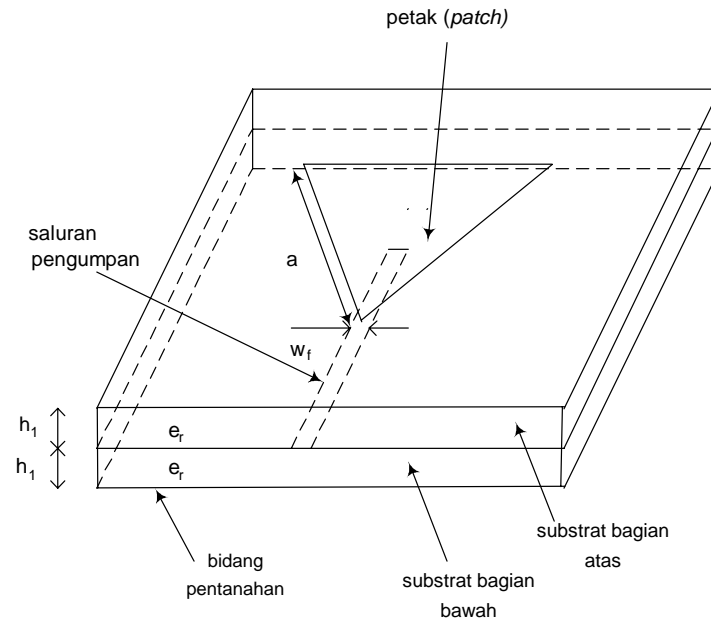
Melalui simulasi, ternyata kesepadanan (*matching*) diperoleh pada saat antena segitiga diumpan dari salah satu sudutnya. Bentuk pengumpanan dari antena rancangan tanpa beban celah ditunjukkan pada Gambar 2.

Penambahan Beban Sepasang Celah. Penambahan sepasang celah diharapkan dapat menghasilkan dua buah frekuensi tahanan__(resonans) yang berbeda. Berdasarkan hal ini, akan dirancang antena seperti pada Gambar 3, dengan sepasang celah ditambahkan pada alas petak segitiga sama sisi.

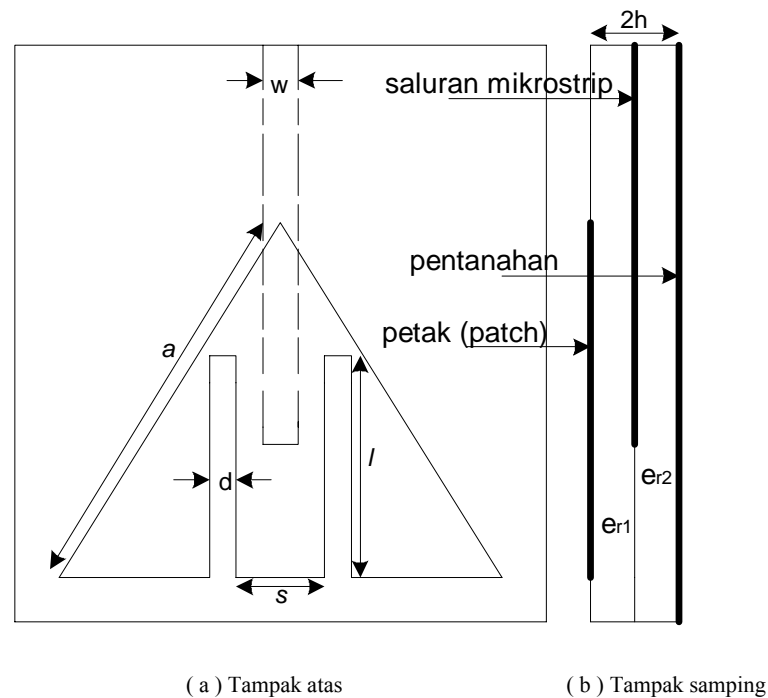
Karena tidak ada rumus matematis yang memberikan baik ukuran celah (*d*), maupun jarak antar celah (*s*), maka metode perancangannya dilakukan secara empiris, yaitu dengan cara ralat dan galat (*trial and error*).



Gambar 1. Variasi letak pengumpan untuk memperoleh kondisi sepadan



Gambar 2. Geometri antenna mikrostrip segitiga sama sisi dengan pengumpanan saluran mikrostrip



Gambar 3. Geometri antenna rancangan dengan sepaang celah menggunakan saluran mikrostrip

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan fabrikasi, terlebih dahulu dilakukan simulasi untuk dapat menghasilkan proses perancangan yang diinginkan. Dengan menggunakan parameter

segitiga sama sisi seperti pada Tabel 1 dilakukan simulasi dengan *Microwave Office*.

Simulasi perubahan tinggi celah dan variasi jarak antar celah dilakukan pertama-tama untuk lebar celah 0,9 mm

dengan jarak antar celah 3 mm seperti terlihat pada Gambar 4a sampai Gambar 4d.

Frekuensi tahanan kedua mulai terbentuk ketika tinggi celah mencapai 10 mm seperti terlihat pada Gambar 4a. Kemudian tinggi celah ditambah, frekuensi tahanan kedua dan frekuensi tahanan pertama tidak memperlihatkan hasil perolehan *return loss* yang dapat memenuhi nilai *return loss* -9,54 dengan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) ≤ 2 seperti terlihat pada Gambar 4b sampai 4c. Akhirnya frekuensi tahanan pertama menghilang dan yang muncul hanya frekuensi tahanan keduanya seperti pada Gambar 4d.

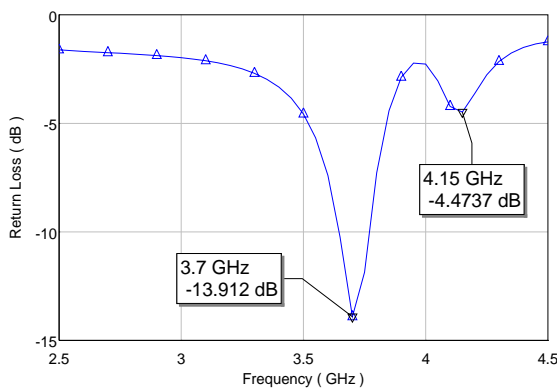
Kemudian simulasi dilanjutkan untuk jarak antar celah 5 mm seperti dapat dilihat pada Gambar 5a sampai 5d.

Dari hasil simulasi diatas terlihat bahwa frekuensi tahanan kedua mulai muncul saat tinggi celah 10 mm

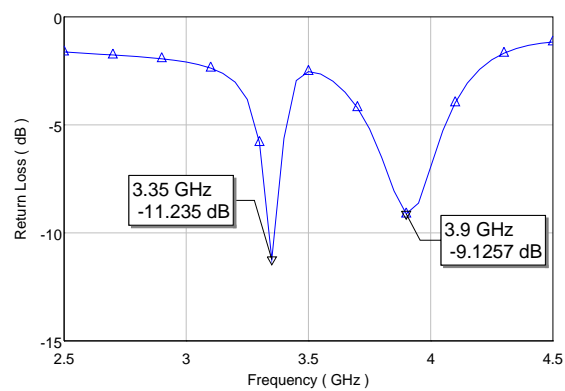
seperti pada Gambar 5a. Dengan ditambahkannya tinggi celah Gambar 5b sampai 5c dapat diamati bahwa nilai *return loss* yang dihasilkan oleh frekuensi tahanan kedua tetap tidak memperlihatkan hasil *return loss* yang lebih kecil dari -9,54 dB dan frekuensi tahanan pertama justru menghilang saat tinggi celah mencapai 16 mm Gambar 5d.

Selanjutnya simulasi dilakukan untuk jarak antar celah 7 mm dan hasilnya seperti pada Gambar 6a sampai 6d.

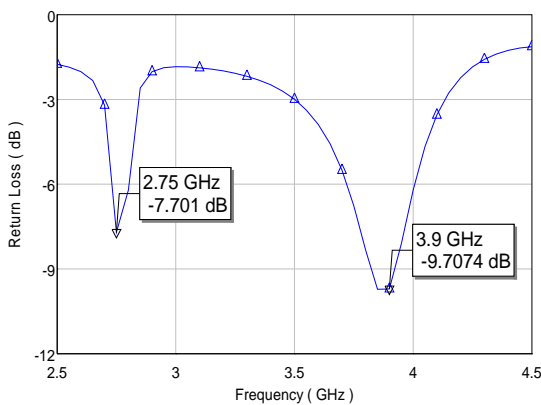
Terlihat dari hasil simulasi bahwa frekuensi tahanan kedua mulai muncul saat tinggi celah 9 mm pada Gambar 6a. Bila tinggi celah ditambah frekuensi tahanan kedua tetap tidak dapat menghasilkan nilai *return loss* dibawah -9,54 dB seperti pada Gambar 6b sampai 6c dan frekuensi tahanan pertama cenderung menghilang seperti terlihat pada Gambar 6d.



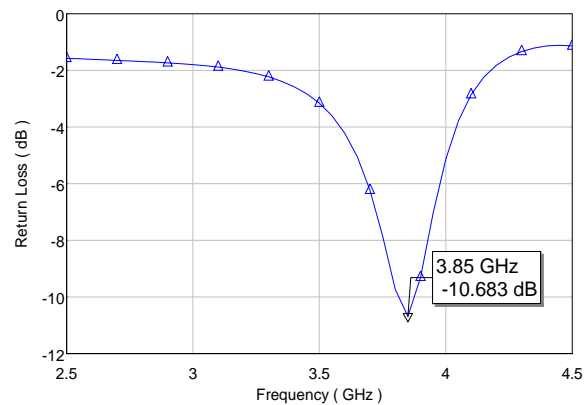
(a) Tinggi celah 10 mm



(b) Tinggi celah 12 mm

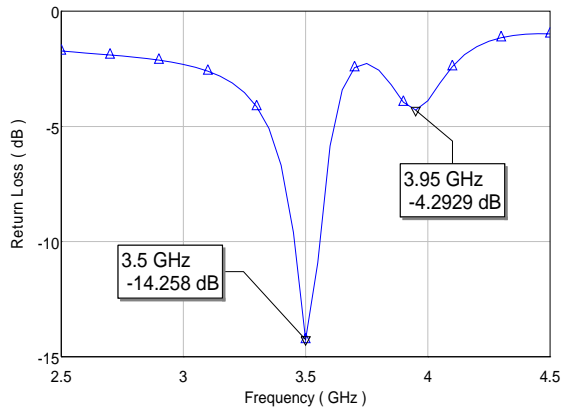


(c) Tinggi celah 15 mm

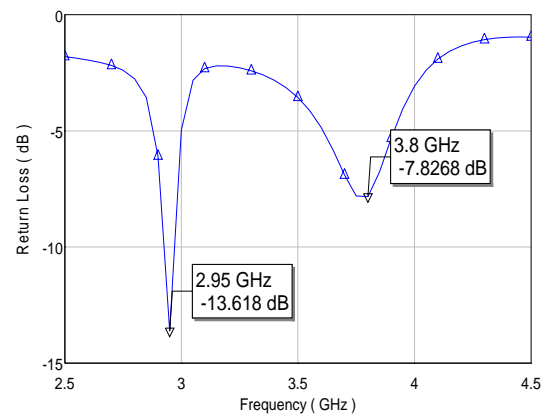


(d) Tinggi celah 17 mm

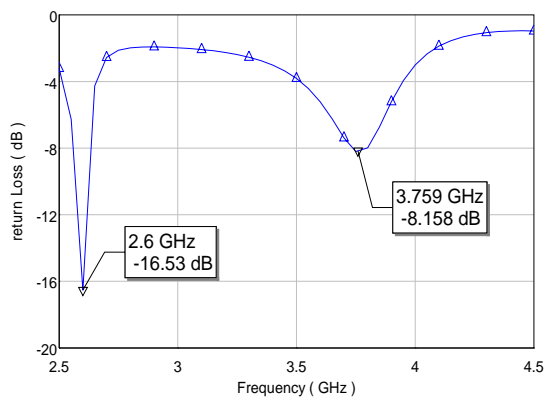
Gambar 4. Hasil simulasi pengaruh tinggi celah terhadap pengukuran *return loss* dengan lebar celah 0,9 mm untuk jarak antar celah 3 mm



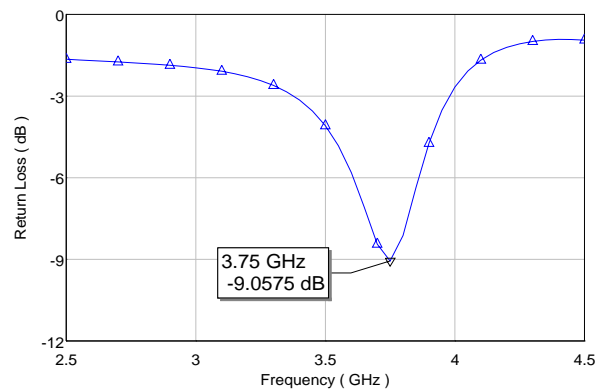
(a). Tinggi celah 10 mm



(b). Tinggi celah 13 mm



(c). Tinggi celah 15 mm



(d). Tinggi celah 16 mm

Gambar 5. Hasil simulasi pengaruh tinggi celah terhadap pengukuran *return loss* dengan lebar celah 0,9 mm untuk jarak antar celah 5 mm

Dari hasil simulasi pada Gambar 4a sampai 4d, Gambar 5a sampai 5d dan Gambar 6a sampai 6d dapat disimpulkan bahwa karena frekuensi tahanan kedua tidak dapat menghasilkan nilai *return loss* minimal -9,54 dB ($VSWR \leq 2$) maka untuk lebar celah 0,9 mm tidak dapat digunakan dalam perancangan.

Selanjutnya simulasi dilakukan dengan lebar celah 1 mm baik untuk jarak antar celah 3 mm, 5 mm dan 7 mm. Pertama-tama yang dilakukan adalah simulasi untuk perubahan tinggi celah dengan jarak antar celah 3 mm seperti terlihat pada Gambar 7a sampai 7d.

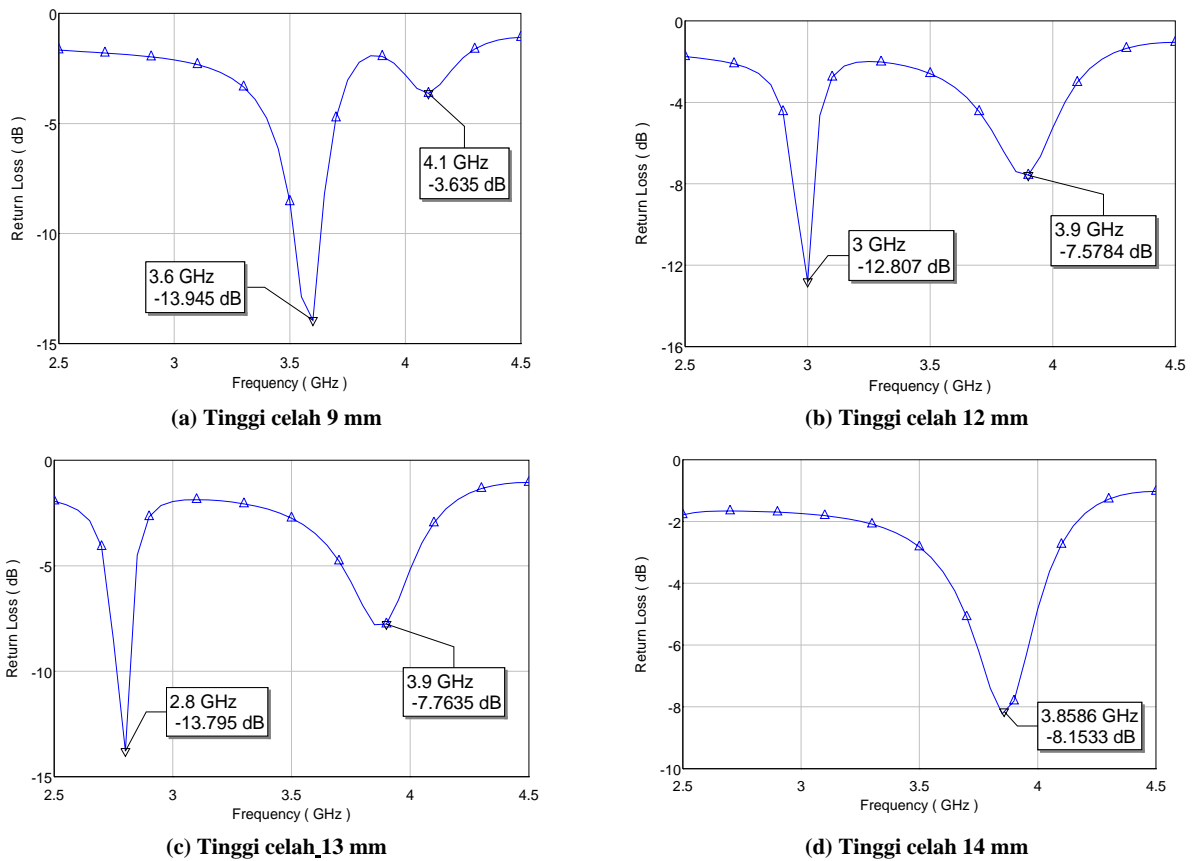
Dari hasil simulasi pada Gambar 7 dapat diamati bahwa frekuensi tahanan_kedua mulai muncul pada saat tinggi celah 10 mm seperti pada Gambar 7a. Kemudian, frekuensi tahanan pertama dan kedua tersebut mencapai nilai *return loss* terkecil ketika tinggi celah mencapai 12 mm seperti terlihat pada Gambar 7b. Namun, ketika tinggi celah terus ditambah, nilai *return loss* frekuensi

tahanan pertama terus menurun, seperti tampak pada Gambar 7c. Akhirnya frekuensi tahanan_pertama menghilang dan tinggal frekuensi tahanan kedua saja yang ada, pada Gambar 7d.

Selanjutnya simulasi dilanjutkan untuk jarak antar celah 5 mm seperti terlihat pada Gambar 8a sampai 8d.

Frekuensi tahanan kedua mulai muncul ketika tinggi celah 9 mm seperti terlihat pada Gambar 8a dan frekuensi tahanan kedua serta frekuensi tahanan pertama pada saat tinggi celah 12 mm mencapai nilai *return loss* terkecil seperti pada Gambar 8b. Bila tinggi celah terus ditambah, nilai *return loss* untuk frekuensi tahanan pertama dan frekuensi tahanan kedua cenderung turun, terlihat pada Gambar 8c sampai 8d.

Sedangkan untuk jarak antar celah 7 mm hasil simulasinya dapat dilihat seperti pada Gambar 9a sampai 9d.



Gambar 6. Hasil simulasi pengaruh tinggi celah terhadap pengukuran *return loss* dengan lebar celah 0,9 mm untuk jarak antar celah 7 mm

Frekuensi tahanan kedua mulai muncul ketika tinggi celah mencapai 9 mm, seperti terlihat pada Gambar 9a dan pada saat tinggi celah 12 mm frekuensi tahanan kedua dan frekuensi tahanan pertama mencapai nilai *return loss* yang terkecil (Gambar 9b). Dengan bertambahnya tinggi celah nilai *return loss*-nya baik frekuensi tahanan pertama maupun frekuensi tahanan kedua akan menurun seperti terlihat pada Gambar 9c dan pada akhirnya tinggal frekuensi tahanan kedua yang ada seperti terlihat pada Gambar 9d.

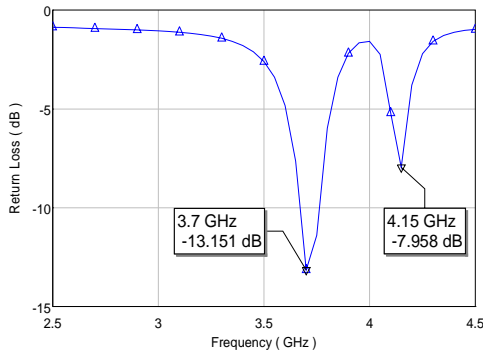
Dari hasil simulasi pada Gambar 7a sampai 7d, Gambar 8a sampai 8d, dan Gambar 9a sampai 9d dapat disimpulkan bahwa rancangan dengan menggunakan lebar celah 1 mm dapat difabrikasi. Hal ini dapat dilihat dari perolehan nilai *return loss* yang lebih kecil dari 9,54 dB ($VSWR \leq 2$) baik untuk frekuensi tahanan pertama maupun kedua.

Simulasi selanjutnya adalah untuk melihat distribusi arus terhadap penambahan sepasang celah pada alas segitiga sama sisi pada antenna rancangan. Distribusi

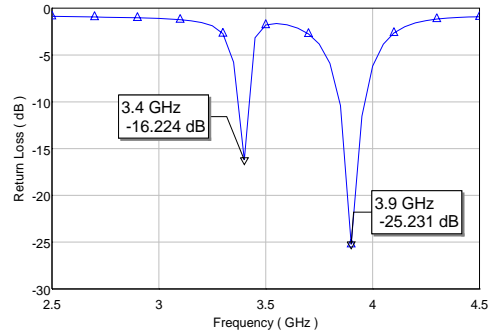
arus hasil simulasi tersebut seperti terlihat pada Gambar 10.

Gambar 10a memperlihatkan bahwa antenna mikrostrip segitiga sama sisi dengan pengumpanan sambatan elektromagnetik mempunyai distribusi arus yang maksimum pada kedua sisinya, yang dapat dilihat dari warna jingga yang terang.

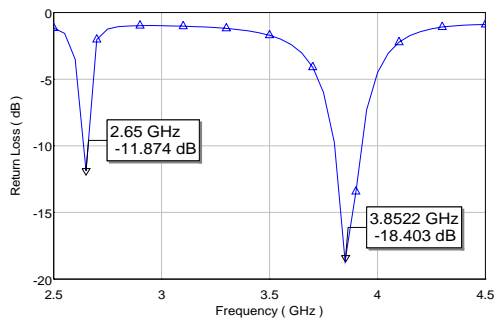
Dari hasil simulasi pertama terlihat bahwa frekuensi ganda dapat dibangkitkan dengan meletakkan sepasang celah pada alas segitiga sama sisi. Pengaruh penambahan sepasang celah pada jalur arus permukaan dari petak yang dieksitasi searah bidang H-nya sangatlah pendek, sehingga frekuensi tahanan atas (f_{r2}) dapat dikatakan hampir tidak berubah dari keadaan ketika celah belum ditambahkan. Selanjutnya terlihat pada Gambar 10b, bahwa penambahan sepasang celah dapat menyebabkan jalur arus yang searah bidang E-nya petak menjadi lebih panjang, sehingga dapat dibangkitkan sebuah frekuensi tahanan yang lebih rendah f_{r1} (frekuensi tahanan bawah) dari frekuensi



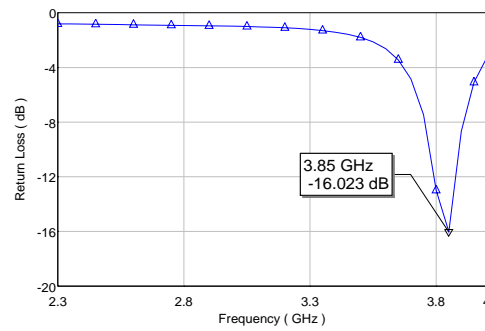
(a) Tinggi celah 10 mm



(b) Tinggi celah 12 mm

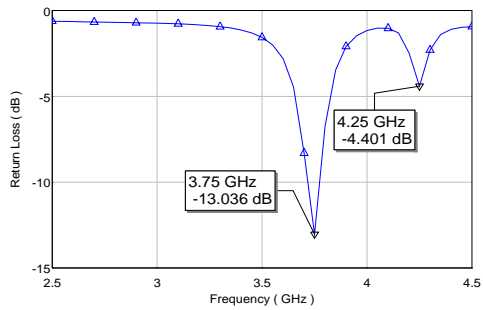


(c) Tinggi celah 16 mm

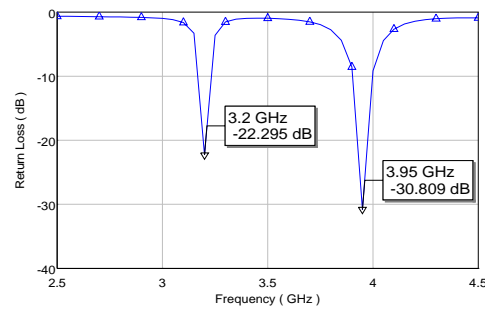


(d) Tinggi celah 18 mm

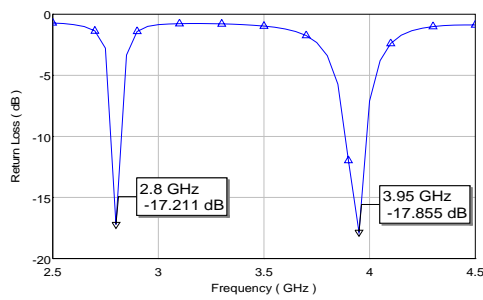
Gambar 7. Hasil simulasi pengaruh tinggi celah terhadap pengukuran *return loss* dengan lebar celah 1 mm untuk jarak antar celah 3 mm



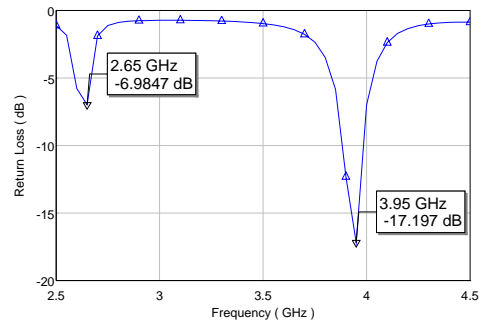
(a) Tinggi celah 9 mm



(b) Tinggi celah 12 mm

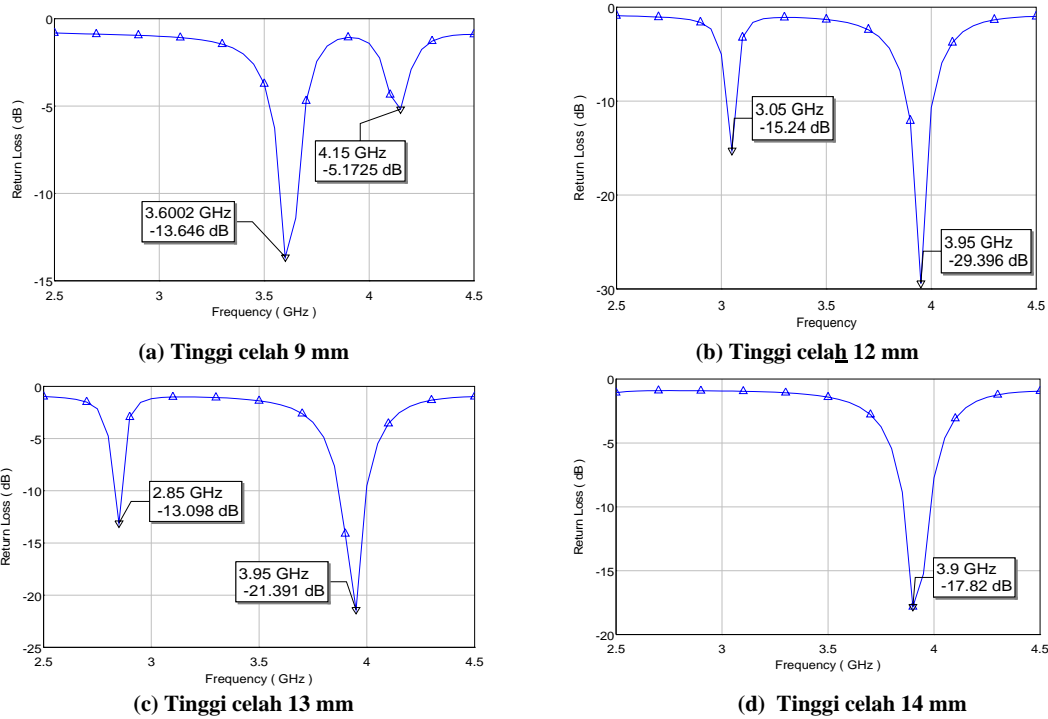


(c) Tinggi celah 14 mm

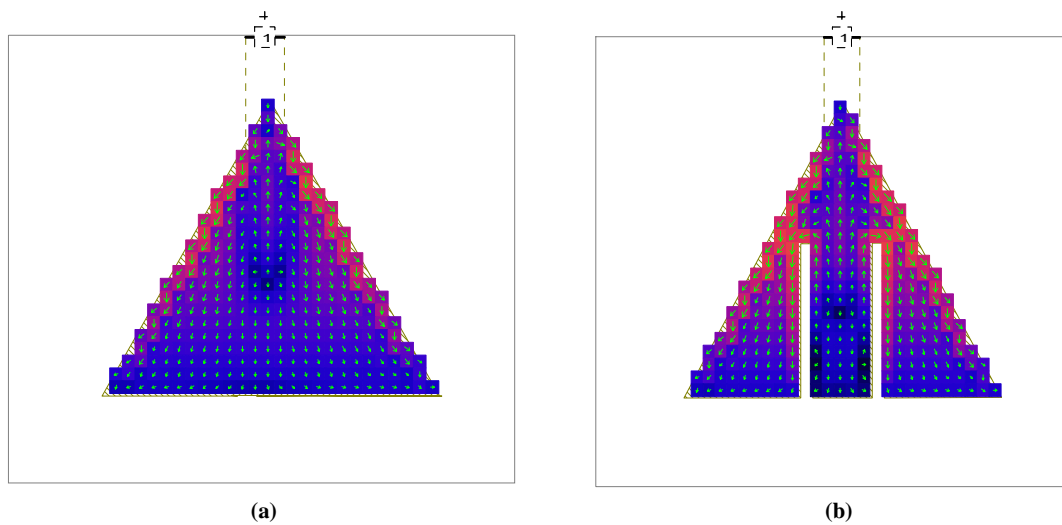


(d) Tinggi celah 15 mm

Gambar 8. Hasil simulasi pengaruh tinggi celah terhadap pengukuran *return loss* dengan lebar celah 1 mm untuk jarak antar celah 5 mm



Gambar 9. Hasil simulasi pengukuran pengaruh tinggi celah terhadap *return loss* dengan lebar celah 1 mm untuk jarak antar celah 7 mm



Gambar 10. Distribusi arus pada antenna mikrostrip: (a) Distribusi arus pada petak antenna segitiga sama sisi, (b) Distribusi arus pada petak antenna segitiga sama sisi dengan beban celah.

tahanan atas (f_{r2}). Timbulnya frekuensi tahanan bawah (f_{r1}) disebabkan karena distribusi arus pada segitiga sama sisi menjadi tidak simetris. Hal ini terlihat dari celah yang telah memotong jalur arus sehingga mengubah ragam tahanan antenna. Daerah sekitar celah mempunyai distribusi arus maksimum yang dapat

membangkitkan frekuensi tahanan bawah (f_{r1}). Kemudian dengan menggunakan letak posisi pengumpanan yang didapat dari uji coba karakterisasi, maka kedua frekuensi tahanan dapat diperoleh dengan kesepadanan impedans yang baik.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah diperoleh inovasi dalam hal rancangan pembangkitan frekuensi ganda. Rancangan baru yang didapat dalam penelitian ini yaitu pembangkitan frekuensi ganda pada antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan sepasang celah menggunakan saluran mikrostrip. Frekuensi ganda ini dapat dibangkitkan dengan menambahkan sepasang celah sejajar pada alas segitiga sama sisi dengan lebar celah 1 mm dan tinggi celah dari 10mm sampai 14 mm dengan menggunakan teknik penyambatan elektromagnetik. Penambahan beban sepasang celah menggeser frekuensi tahanan kedua (f_{r2}) dan dibutuhkan tinggi celah serta jarak antar celah tertentu untuk dapat menghasilkan frekuensi tahanan bawah (f_{r1}).

Daftar Acuan

- [1] K. L. Wong, S. T. Fang, J. H. Lu, Microwave And Optical Technology Letters 19 (1998) 348.
- [2] S. T. Fang, K. L. Wong, Microwave and Optical Technology Letters 23 (1999) 82.
- [3] J. H. Lu, Microwave And Optical Technology Letters 22 (1999) 133.
- [4] K. L. Wong, M. C. Pan, W. H. Hsu, Microwave And Optical Technology Letters 20 (1999) 133.
- [5] J. H. Lu, K. L. Wong, Electronics Letters 34 (1998) 1171.
- [6] K. L. Wong, Compact and Broadband Microstrip Antenna, John Wiley & Sons Inc., NewYork, 2002, 270.
- [7] D. M. Pozar, Proceeding of The IEEE 40 (1992) 79.
- [8] R. A. Sainati, CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications, Artech House, Boston, 1996, 85.