Karakterisasi Antena Mikrostrip dengan Metode FDTD dalam Substrat FR4 untuk Frekuensi Kerja 2,4 GHz

Nurma Sari dan **Tetti Novalina Manik**

Abstrak: Sistem komunikasi memerlukan media transmisi untuk mengirimkan informasi agar sampai ke penerima informasi. Antena memegang peranan penting pada sistem *unguided* transmision media. Bentuk dan desain antena yang diharapkan adalah antena yang mempunyai *gain* yang tinggi, efisiensi tinggi, *bandwidth* yang lebar, profil rendah, bobot yang ringan dan biaya murah. Antena mikrostrip dapat memenuhi kriteria semacam itu. Dengan metode FDTD persoalan medan elektromagnetik dapat ditransformasikan ke dalam bentuk numerik. Pada simulasi menggunakan metode FDTD diperoleh antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 yang bekerja pada frekuensi 2,40019 GHz dengan *return loss* -40,5565 dan VSWR 1,018 (Nilai VSWR mendekati sempurna ≈ 1) pada ukuran 4,0 cm x 4,0 cm x 0,3 cm, ukuran *feed line* 0,25 cm x 2,5 cm, *slot* 2,0 cm x 0,25 cm dan *patch* 2,2 cm x 2,5 cm. Dengan mengubah panjang *patch* diperoleh bahwa semakin pendek *patch* frekuensi kerja akan semakin besar, sedangkan pergeseran *return loss* pada perubahan panjang *patch* tidak dapat dijadikan acuan perubahan. Pada perubahan lebar *patch* diperoleh bahwa semakin lebar *patch* maka frekuensi kerja semakin kecil dengan *return loss* yang semakin kecil pula. Pada perubahan panjang *slot* diperoleh bahwa semakin panjang *slot* nilai frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan nilai *return loss* tidak dapat dijadikan acuan pada pergeseran panjang *slot* ini. Untuk perubahan lebar *slot* diperoleh bahwa semakin lebar *slot* nilai frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan pergeseran lebar *slot* tidak dapat dijadikan acuan sebagai bergesernya nilai *return loss*.

Kata Kunci: antena mikrostrip, FDTD, *patch*, *slot*

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini, manusia membutuhan komunikasi untuk mendapatkan informasi-informasi yang dapat diakses dengan cepat. Komunikasi adalah saling menyampaikan informasi kepada tujuan yang diinginkan Informasi bisa berupa suara percakapan (*voice*), musik (*audio*), gambar diam (*photo*), gambar bergerak (*video*), atau data digital. Komunikasi bisa dilakukan diantara dua atau lebih tempat yang berdekatan ataupun berjauhan. Sejarah komunikasi modern dimulai dengan ditemukannya sistem komunikasi telepon oleh Alexander Graham Bell pada tahun 1876, sistem komunikasi radio oleh Guiogelmo Marconi pada tahun 1901, sistem komunikasi data dengan penemuan konsep mesin hitung (*computer*) pada 1822 yang kemudian berkembang pesat setelah ditemukannya transistor pada 1948,

Staf Pengajar Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat

kemudian timbul keinginan untuk menghubungkan komputer satu dengan yang lain (era 1960-an).

Hingga saat ini perkembangan penemuan sistem komunikasi terus berkembang. Komunikasi telepon berkembang dengan ditemukannya jaringan ISDN (*Integrated Service by Digital Network*), yaitu jaringan komunikasi yang tidak hanya untuk komunikasi suara (*voice*), tetapi juga bisa untuk data digital dan video (multi-media). Komunikasi radio dengan ditemukannya jaringan radio seluler baik yang seluler digital GSM, AMPS, dan lain-lain yang sejenis, maupun yang berteknologi CDMA, disamping jaringan radio non-seluler. Sedangkan komunikasi data/komputer berkembang dengan ditemukannya jaringan internet yang saat ini telah bisa melayani komunikasi FTP, *e-mail*, *web*, *e-commerse*, dll.

Sistem komunikasi memerlukan media transmisi untuk mengirimkan informasi agar sampai ke penerima informasi. Terdapat dua kategori dasar media transmisi yaitu *guided transmission media* (menggunakan sistem kabel untuk menyalurkan data/sinyal) dan *unguided transmission media* (menggunakan gelombang radio yang dipancarkan melalui udara). Pada sistem *unguided transmission media* inilah antena memegang peranan penting. Berdasarkan IEEE *Standards Definition of Terms for Antennas* (IEEE Std 145, 1983), antena didefinisikan sebagai suatu alat untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio. Dengan kata lain antena adalah suatu bentuk peralihan antara ruang bebas dan instrumen pemandu. Selain sebagai alat untuk mengirim atau menerima energi, antena juga digunakan untuk mengoptimalkan energi radiasi pada arah tertentu dan menekannya pada arah yang lain. Hal ini kemudian menyebabkan antena memiliki berbagai bentuk dan desain untuk memenuhi kebutuhan khusus ini. Bentuk dan desain antena yang diharapkan adalah antena yang mempunyai *gain* yang tinggi, efisiensi tinggi, *bandwidth* yang lebar, profil rendah, bobot yang ringan dan biaya murah.

Antena mikrostrip dapat memenuhi kriteria semacam itu. Antena mikrostrip memiliki keunggulan profilnya rendah, *conformal* pada permukaan planar dan nonplanar, sederhana dan murah untuk dimanufaktur menggunakan teknologi sirkit tercetak modern, secara mekanik

kuat (*robust*) bila dipasang tetap pada permukaan yang kaku (*rigid*), kompatibel dengan desain MMIC (*Monolithic Microwave Integrated Circuits*). Kekompakan dan ketahanannya terhadap lingkungan yang ekstrim (*ruggedness*) meluaskan pemanfaatannya pada bidang-bidang lain semisal *aerospace* dan komunikasi satelit. Antena mikrostrip terdiri dari lapisan strip logam tipis sebagai elemen peradiasi yang ditempelkan pada salah satu sisi suatu substrat dielektrik dengan permitivitas relatif $2{,}2 \le \varepsilon_r \le 12$ (Balanis,1997), sedangkan pada sisi lawannya berupa lembaran logam konduktor tipis yang lebar sebagai *ground plane*.

Untuk merancang bentuk dan desain ukuran antena mikrostrip memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai teori medan elektromagnetik, karena memerlukan perumusan matematik yang sangat kompleks. Namun, dengan menerapkan algoritma Yee, persoalan medan elektromagnetik dapat ditransformasikan ke dalam bentuk numerik dengan metode FDTD (*Finite Difference Time Domain*) (Zhang dan Mei, 1988). Dengan metode FDTD ini akan mempermudah simulasi ukuran antena.

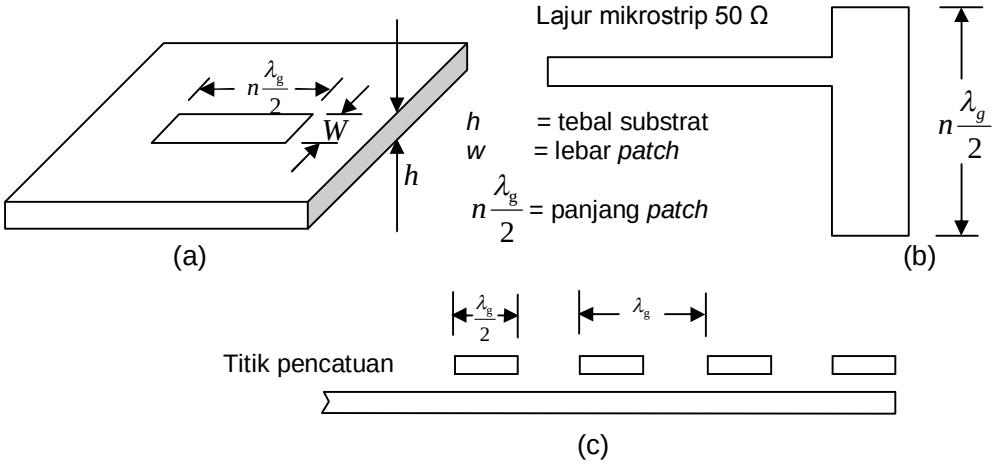
Penelitian ini akan disimulasikan ukuran-ukuran antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam subtrat FR4 yang menghasilkan frekuensi kerja 2,4 GHz. Antena ini mempunyai struktur *double* dan *single layer*. Pada *double layer* terdapat *feed line* dan slot sedangkan pada *single layer* terdapat *pacth*. *Double layer* terletak bagian bawah dan *single layer* bagian atas.

TINJAUAN PUSTAKA

Antena mikrostrip adalah suatu antena yang terbuat dari *strip* (*patch*) logam yang sangat tipis ($t \ll \lambda_0$, dengan λ_0 panjang gelombang di ruang hampa) yang diletakkan pada jarak pecahan kecil panjang gelombang ($h \ll \lambda_0$ yang pada umumnya adalah $0{,}003\ \lambda_0 \le h \le 0{,}005\ \lambda_0$) di atas *ground plane*. *Strip* (*patch*) logam dipisahkan dari *ground plane*nya oleh substrat dari bahan dielektrik dengan konstanta dielektrik $2{,}2 \le \varepsilon_r \le 12$ (Balanis, 1997).

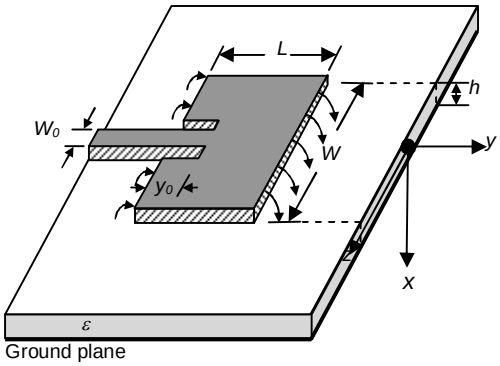
Elemen radiasi mikrostrip dasar Gambar 2 bahwa resonator elemen radiasi lajur-sempit yang ditunjukkan pada Gambar 2(a) adalah bentuk yang sangat mendasar. Suatu bentuk pencatuan (*feed*) atau suatu bentuk koneksi pencatuan-langsung

(*direct-feed*) terhadap resonator semacam itu ditunjukkan pada Gambar 2(b). Sejumlah elemen radiasi mikrostrip diatur membentuk suatu larik (*array*) ditunjukkan pada Gambar 2(c) (Edwards, 1995).

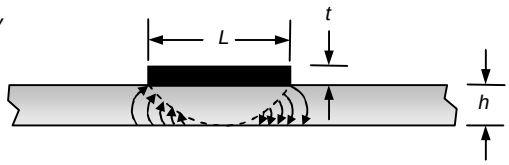


Gambar 2. Bentuk *patch* antena mikrostrip

Antena mikrostrip meradiasikan gelombang elektromagnetik disebabkan terjadinya *fringing field* di sepanjang tepi antena. Medan ini akibat dari ketakkontinyuan saluran yang memberikan efek radiasi (Edwards,1995). Gambar 3 memperihatkan antena mikrostrip *patch* persegi. Apabila antena tersebut dicatu, maka akan terjadi gelombang berdiri seperti Gambar 4, tetapi sebagian medan ”bocor keluar” di sekitar sisi-sisi *patch*. Medan yang ”bocor keluar” ini disebut *fringing field*. Gambar 3 dan 4 terlihat medan listrik ”bocor” pada sisi kiri *patch* masuk ke dalam *patch* dan pada sisi lainnya meninggalkan *patch*.



Gambar 3. Antena mikrostrip *patch* persegi dengan *inset feed line*



Gambar 4. Gelombang berdiri di dalam substrat

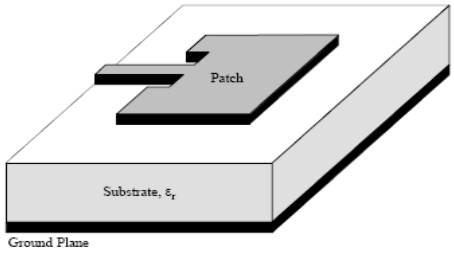
Dilihat dari atas *patch* medan listrik menunjuk ke arah yang sama (sefasa). Dari atas hal ini tampak seperti bidang radiasi persegi jadi dapat dianalogikan sebagai dua buah celah (*slot*) yang keduanya sefasa. Semakin tebal substrat maka semakin banyak medan listrik yang akan ”bocor keluar” di sekitar sisi-sisi *patch* dan celah analogi pun semakin lebar. Lebar celah (untuk tebal substrat $h \ll \lambda_o$) diasumsikan sama dengan tebal substrat.

Medan listrik antena mikrostrip *patch* persegi, dengan *patch* sebagai elemen peradiasi (lembaran konduktor dengan jarak yang relatif kecil sekali terhadap *ground plane*) tidak bervariasi pada arah lebar tempelan (*patch*) *W*, sedangkan sepanjang saluran $L = \lambda/2$ medan listrik bervariasi seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4. Medan listrik antenna mikrostrip pada ujung-ujungnya dapat diuraikan menjadi medan dengan arah tangensial dan arah normal bidang antena. Komponen medan normal pada satu sisi berlawanan fase dan saling meniadakan dengan komponen normal pada sisi yang lain karena panjang *patch* $\lambda/2$. Akibatnya tidak ada komponen medan listrik di medan jauh dengan arah *broadside*. Sedangkan komponen medan listrik arah tangensial keduanya mempunyai fase yang sama pada kedua sisi antena, sehingga menghasilkan radiasi maksimum arah normal bidang antena (Bhartia, 1984).

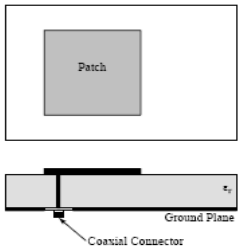
Dengan asumsi di atas maka antena mikrostrip ini dapat dilihat sebagai dua buah antena celah (*slot*) yang tegak lurus dengan saluran pencatu yang dipisahkan oleh saluran transmisi dengan impedansi sangat rendah. Panjang saluran mikrostrip ini sedikit lebih kecil dari setengah panjang gelombang ($0{,}48\ \lambda < L < 0{,}49\ \lambda$) untuk membalik fase pada celah kedua.

Ada beberapa teknik pemberian *feed* pada antena mikrostrip, yang paling pupoler adalah mikrostrip transmisi *line*, *coaxial probe line*, *aperture coupled feed* dan *proximity coupled feed*. Metode pemberian *feed* yang paling sederhana adalah *coaxial probe* dan mikrostrip *line*. Dari keempat metode tersebut *aperture coupled feed* adalah yang paling sulit untuk difabrikasi dan mempunyai *bandwith* yang sempit. *Aperture coupled feed* terdiri dari dua substrat yang dipisahkan oleh *ground plane*. Pada sisi alas/bawah dari substrat terdapat mikrostrip *line* yang

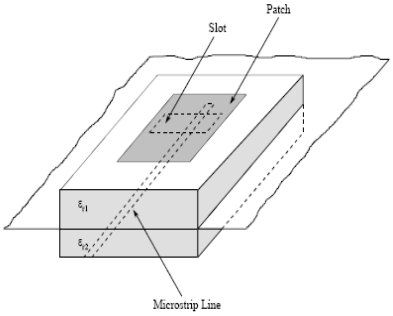
energinya digabungkan kepada *patch* melalui suatu *slot* pada *ground plane* yang memisahkan kedua substrat. *Proximity coupled* serupa dengan bentuk *aperture coupled* kecuali pemindahan *ground plane* dan kedua substrat tidak dihubungkan *feed* (Balanis, 1997).



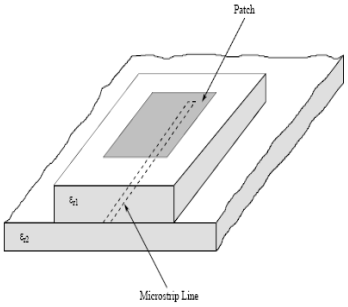
a. Mikrostrip *feed line*



b. *Coaxial probe feed*



c. *Aperture coupled feed*



d. *Proximity coupled feed*

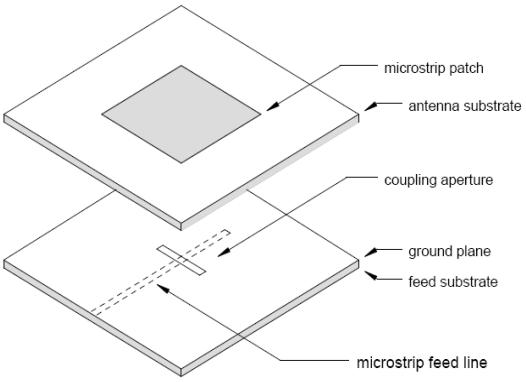
Gambar 5. Metode pemberian *feed*

Metode FDTD pertama kali diperkenalkan oleh Yee pada tahun 1966, metode FDTD ini digunakan untuk menganalisa medan elektro-magnet dan mulai berkembang bersamaan dengan meningkatnya teknologi komputer. Metode ini sekarang banyak sekali diterapkan tidak hanya pada soal hamburan medan elektromagnet saja, tetapi diterapkan pula untuk menganalisa persoalan sulit seperti antena, sirkuit datar dan lain-lain. Metode FDTD menganalisa permasalahan didasar-kan pada persamaan integral yang sangat sulit dilakukan dipecahkan dengan *moment method* dan lain-lain, selain itu untuk menggunakan metode ini tidak memerlukan dasar-dasar pengetahuan yang mendalam mengenai medan elektromagnetik dengan rumus-rumus integral yang rumit, yang mendukung berkem-bangnya metode ini adalah maju pesatnya teknologi computer seperti sekarang ini.

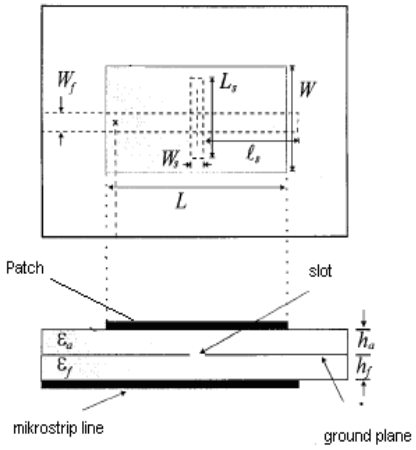
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan *software* FDTD yang berupa *tool* dasar untuk menganalisa medan elektromagnetik. Dengan menggunakan *software* ini disimulasikan ukuran-ukuran (desain) antena mikrostrip yang dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Desain yang akan disimulasikan adalah antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 untuk frekuensi kerja 2,4 GHz. Langkah awal memulai simulasi ini adalah membuat *list* INPUT0.DAT untuk mendapatkan PULSE_0, hal ini dilakukan beberapa kali dengan menghitung secara teori dimensi antena mikrostrip yang akan dibuat, kemudian membuat *list* INPUT.DAT untuk mendapatkan frekuensi kerja yang dikehendaki. Apabila frekuensi kerja belum sesuai maka harus kembali memodifikasi *list* INPUT0. DAT dan INPUT.DAT yang telah dibuat listnya hingga ditemukan frekuensi kerja dan *return loss* yang sesuai.

Bentuk geometri antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7 pada penelitian ini digunakan substrat FR4 untuk bagian bawah dan bagian atas maka $\varepsilon_a = \varepsilon_h = 4{,}43$ dengan $h_a = 1{,}51$ mm dan $h_f = 1{,}42$ mm sedangkan ukuran FR4 yang digunakan adalah 4 cm x 4 cm.



Gambar 6. Bentuk antena mikrostrip dengan sebuah *slot*



Gambar 7. Bentuk geometri antena mikrostrip dengan sebuah slot

dimana:

W_f : lebar *feed line*

L : panjang *patch*

W : lebar *patch*

L_s : panjang *slot*

W_s : lebar *slot*

l_s : panjang *stub*

ε_a : konstanta dielektrik substrat bagian atas

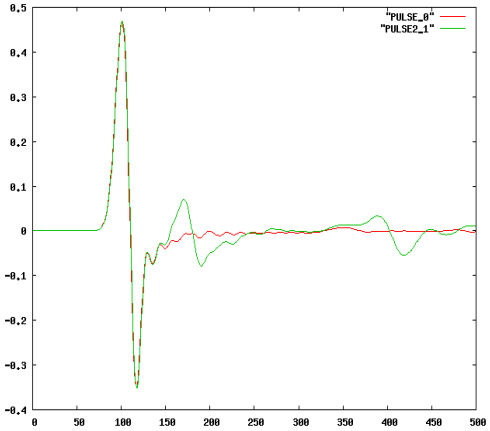
ε_f : konstanta dielektrik substrat bagian bawah

h_a : tebal substrat bagian atas

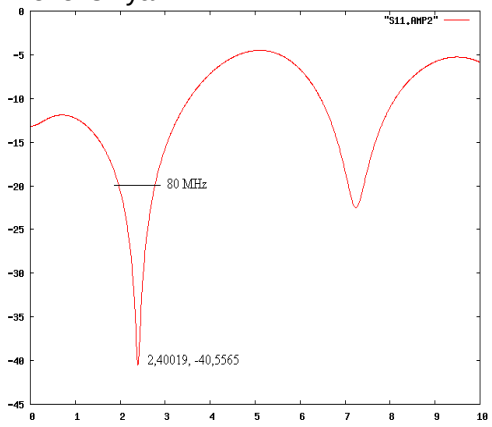
h_f : tebal substrat bagian bawah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data hasil karakterisasi antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 menggunakan metode *Finite Difference Time Domain* (FDTD). Setelah dilakukan beberapa kali percobaan dengan memasukkan nilai beberapa parameter yang telah ditentukan sebelumnya yaitu dengan ukuran FR4 4,0 cm x 4,0 cm x 0,3 cm. Hasil simulasi dengan menggunakan metode FDTD untuk frekuensi 2,40019 GHz diperoleh ukuran *feed line* 0,25 cm x 2,5 cm, *slot* 2,0 cm x 0,25 cm dan *patch* 2,2 cm x 2,5 cm. Antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 ini menggunakan pencatu mikrostrip-*line*, yang merupakan jalan perambatan pulsa *input*, dimana pulsa masukan adalah pulsa gaussian. Dengan membuat mikrostrip-*line* di sepanjang dimensi antena maka akan diperoleh pulsa 0 atau pulsa awal tanpa adanya pantulan. Gambar 8 merupakan grafik pulsa untuk bentuk struktur mikrostrip-*line* dengan pulsa refleksinya.



Gambar 8. Pulsa 0 dan pulsa refleksinya

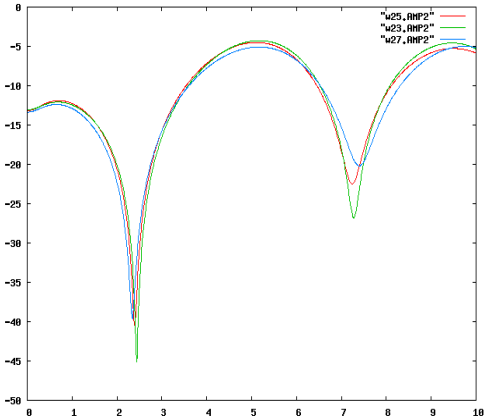


Gambar 9. Grafik frekuensi kerja dan *return loss* hasil simulasi

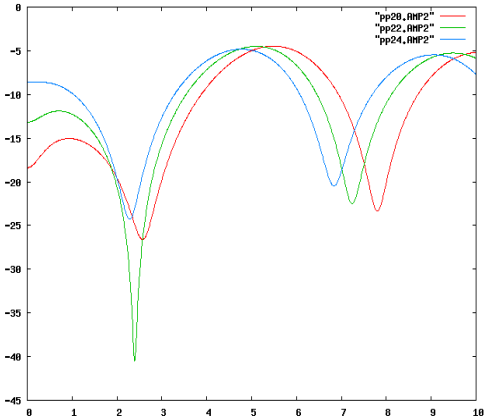
Gambar 9 memperlihatkan grafik frekuensi kerja dan *return loss* dari dimensi antena mikrostrip hasil simulasi, grafik menunjukkan frekuensi kerja 2,40019 GHz, *return loss* -40,5565 dB dan *bandwidth* 80 MHz. Dari nilai *return loss* dapat diketahui koefisien refleksi dan nilai VSWR

yaitu sebesar 0,009 dan 1,018. Sedangkan pola radiasi yang diperoleh dari simulasi dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari ukuran antena mikrostrip yang diperoleh pada simulasi FDTD, setiap dimensi panjang *patch*, lebar *patch*, panjang *slot* dan lebar *slot* disimulasikan kembali sehingga dapat diketahui pergeseran-pergeseran nilai frekuensi kerja, *return loss* dan karakteristik dari antena mikrostrip.



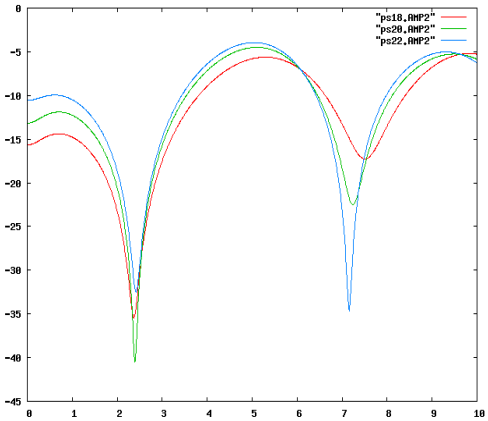
Gambar 10. Pergeseran frekuensi kerja dan *return loss* akibat perubahan panjang *patch*



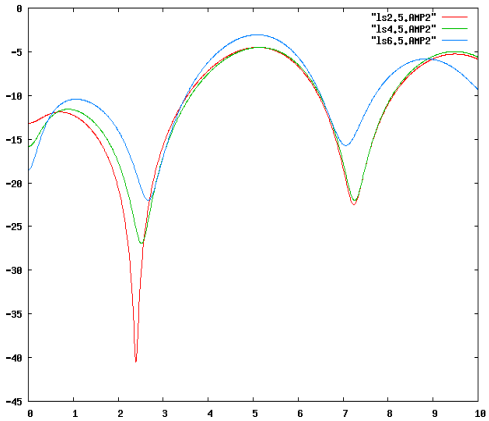
Gambar 11. Pergeseran frekuensi kerja dan *returns loss* akibat perubahan lebar *patch*

Pada perubahan panjang *patch* pada Gambar 11 terdapat perubahan frekuensi kerja dan *return loss*, panjang *patch* 20 mm diperoleh nilai *return loss* -26,59123 dengan frekuensi kerja 2,56712, panjang *patch* 22 mm diperoleh *return loss* -40,5565 dB dengan frekuensi kerja 2,40019 GHz, dan panjang *patch* 24 mm diperoleh nilai *return loss* -24,26449 dengan frekuensi kerja 2,28189. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin pendek *patch* frekuensi kerja akan semakin besar demikian sebaliknya, sedangkan pergeseran *return loss* tidak dapat dijadikan acuan perubahan.

Pada perubahan lebar *patch* pada Gambar 12, pada lebar *patch* 23 mm diperoleh nilai *return loss* -45,10091 dengan frekuensi kerja 2,44035, pada lebar *patch* 25 mm diperoleh nilai *return loss* -40,5565 dB dengan frekuensi kerja 2,40019 dan pada lebar *patch* 27 mm diperoleh nilai *return loss* -39,62723 dengan frekuensi kerja 2,34527 sehingga disimpulkan semakin lebar *patch* maka frekuensi kerja dengan *return loss* semakin kecil.



Gambar 12. Pergeseran frekuensi kerja karena perubahan panjang *slot*



Gambar 13. Pergeseran frekuensi kerja akibat perubahan lebar *slot*

Gambar 13 terlihat pergeseran nilai *return loss* dan frekuensi kerja, pada perubahan panjang *slot* yaitu panjang *slot* 18 mm diperoleh nilai *return loss* -35,4477 dengan frekuensi kerja 2,36904, panjang *slot* 20 mm diperoleh nilai *return loss* -40,5565 dengan frekuensi kerja 2,40019 dan panjang *slot* 22 mm diperoleh nilai *return loss* -32,49479 dengan frekuensi kerja 2,41658 yang dapat disimpulkan semakin panjang *slot* nilai frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan nilai *return loss* tidak dapat dijadikan acuan pergeseran panjang *slot*.

Pada perubahan lebar slot seperti pada Gambar 14 terdapat pergeseran nilai *return loss* dan frekuensi kerja, pada lebar *slot* 2,5 mm diperoleh nilai *return loss* -40,5565 dengan frekuensi kerja 2,40019, lebar *slot* 4,5 mm diperoleh nilai *retun loss* -19,95882 dengan frekuensi kerja 2,84443 dan lebar *slot* 6,5 mm diperoleh nilai *return loss* -21,99538 dengan frekuensi kerja 2,66220, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lebar *slot* frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan pergeseran lebar *slot* tidak dapat dijadikan acuan sebagai pergeseran nilai *return loss*.

Pada antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 untuk ukuran 4,0 cm x 4,0 cm x 0,3 cm dengan ukuran *feed line* 0,25 cm x 2,5 cm, *slot* 2,0 cm x 0,25 cm dan *patch* 2,2 cm x 2,5 cm. Dimensi antena mikrostrip ini bekerja pada frekuensi 2,40019 GHz dengan return loss -40,5565 dB dan VSWR 1,018. Nilai VSWR yang mendekati sempurna ≈ 1 ini tidak lain karena

keakuratan metode numerik yang digunakan untuk mentransformasikan permasalahan fisis ke dalam bentuk numerik, diantaranya persoalan gelombang elektromagnetik yang merambat pada antena mikrostrip dan persoalan syarat batas an-tara substrat, konduktor dan udara.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam substrat FR4 untuk ukuran 4,0 cm x 4,0 cm x 0,3 cm, ukuran *feed line* 0,25 cm x 2,5 cm, *slot* 2,0 cm x 0,25 cm dan *patch* 2,2 cm x 2,5 cm. Antena dengan dimensi ini bekerja pada frekuensi 2,40019 dengan *return loss* -40,5565 dan VSWR 1,018 (Nilai VSWR mendekati sempurna ≈ 1)
2. Pada perubahan panjang *patch* diperoleh bahwa semakin pendek *patch* frekuensi kerja akan semakin besar demikian pula sebaliknya, sedangkan pergeseran *return loss* pada perubahan panjang *match* tidak dapat dijadikan acuan perubahan.
3. Pada perubahan lebar *patch* diperoleh bahwa semakin lebar *patch* maka frekuensi kerja semakin kecil dan begitu juga *return loss* yang semakin kecil pula.
4. Pada perubahan panjang *slot* diperoleh semakin panjang *slot* nilai frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan nilai *return loss* tidak dapat dijadikan acuan pada pergeseran panjang *slot*.
5. Pada perubahan lebar *slot* diperoleh bahwa semakin lebar *slot* nilai frekuensi kerja akan semakin besar sedangkan pergeseran lebar *slot* tidak dapat dijadikan acuan sebagai bergesernya nilai *return loss*.

Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat dibuat (fabrikasi) antena mikrostrip *patch* dengan sebuah *slot* dalam subtrat FR4 dengan dimensi yang telah disimulasikan dengan metode FDTD. Dengan metode FDTD tersebut dapat disimulasikan bentuk-bentuk antena mikrostrip lainnya sesuai dengan kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

Balanis, C.A, 1997, *Antenna Theory Analysis and Design,* Second edition, John Wiley & Sons, New York.

Bhartia, P., Bahl, I.J., 1984, *Millimeter Wave Engineering and Applications,* John Wiley and Son, Inc. Canada.

Edwards, T., 1995, *Foundations for Microstrip Circuit Design,* Second Edition, John Wiley and Son, Inc. Canada.