

FABRIKASI DAN KARAKTERISASI ANTENA PATCH MICROSTRIP ARRAY 4X4 UNTUK APLIKASI WI-FI PADA FREKUENSI 2.4 GHz

Putu Artawan¹ dan I Ketut Purnamawan²

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Pendidikan Ganesha,
Singaraja, Indonesia

e-mail: scientya@yahoo.com; tutpurna@yahoo.com

Abstrak

Fabrikasi dan karakterisasi antena patch dengan microstrip array 4x4 telah dilakukan untuk aplikasi wi-fi pada frekuensi 2,4 GHz. Desain fabrikasinya dirancang sesuai persamaan yang ada yang kemudian difabrikasi dengan metode UV Photoresist laminate. Antena yang sudah difabrikasi selanjutnya dilakukan pengukuran dengan Network Analyzer untuk mengetahui frekuensi kerja antena yang kemudian dilanjutkan dengan pengukuran pola radiasi untuk mendapatkan nilai penguatan dan nilai HPBW. Data hasil pengukuran dianalisis dengan persamaan yang sesuai dengan karakteristik antena dan haruslah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan seperti frekuensi kerja, SWR, VSWR, koefisien refleksi yang kompatibel dan return loss yang kecil serta penguatan yang besar. Selanjutnya data hasil pengukuran dibandingkan dengan data hasil perhitungan untuk mengetahui besarnya kesalahan (error).

Hasil karakterisasi antena patch dengan microstrip array 4x4 diperoleh frekuensi kerja (bandwidth) 2,21 – 2,43GHz, VSWR 1,26, SWR 2,01, return loss -18.42dB, koefisien refleksi 0,12 dengan penguatan (gain) untuk pola radiasi vertikal 17dB dan untuk pola radiasi horisontal 18dB. Nilai HPBW 32^o untuk pola radiasi vertikal dan 37^o untuk pola radiasi horisontal. Kesalahan total (total error) sebesar 11,24 %.

Kata Kunci: Antena patch, Frekuensi kerja, Microstrip array, Pola radiasi.

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF PATCH MICROSTRIP ANTENNA 4x4 ARRAY TO WI-FI APPLICATION IN 2.4 GHz FREQUENCY

Abstract

Fabrication and characterization have been conducted toward patch microstrip antenna 4X4 array that would be applied on wifi communication system in 2.4 GHz frequency. Fabrication design had been making base on the equation that will be fabricated by UV Photoresist laminate method. The antenna that had been fabricated will be measured by Network Analyzer and then continued by radiation measure to get gain value and HPBW. The data analyze will be done by equation which is proper to antenna characteristic it should fulfill specification needed such as work frequency, SWR, VSWR, reflection coefficient which is compatible and having small return loss as well as high gain. The data gathered was compared with the calculated data to determine measurement error.

It was obtained characterization result of patch microstrip antenna 4x4 array with 2.21 – 2.43 GHz work frequency, 1.26 VSWR, 2.01 SWR, -18.42dB return loss, 0.12 reflection coefficient and radiation pattern graphic with 17dB gain to vertical pattern radiation and 18dB gain to horizontal pattern radiation. HPBW value was 32° to vertical pattern radiation and 37° to horizontal pattern radiation. With 11,24% total error.

Keywords: Microstrip Array, Patch antenna, Radiation pattern, Work frequency.

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu mengglobal dewasa ini didominasi oleh begitu pesatnya perkembangan teknologi informasi khususnya transferisasi komunikasi informasi. Sistem komunikasi jaringan baik dengan kabel dan tanpa kabel kian berkembang seiring dengan perkembangan dunia teknologi komunikasi tersebut. Salah satu perangkat yang menentukan performansi jaringan dan memiliki peran yang sangat penting adalah Antena. Sebagai komponen penting dalam proses *transceiver* energi gelombang elektromagnetik peranan antena saat ini sudah berkembang hingga proses transfer data yaitu dengan munculnya sistem komunikasi *wi-fi*. Antena sebagai bagian utama dari proses transmisi, dirancang dengan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan seperti kapasitas, *bandwidth*,

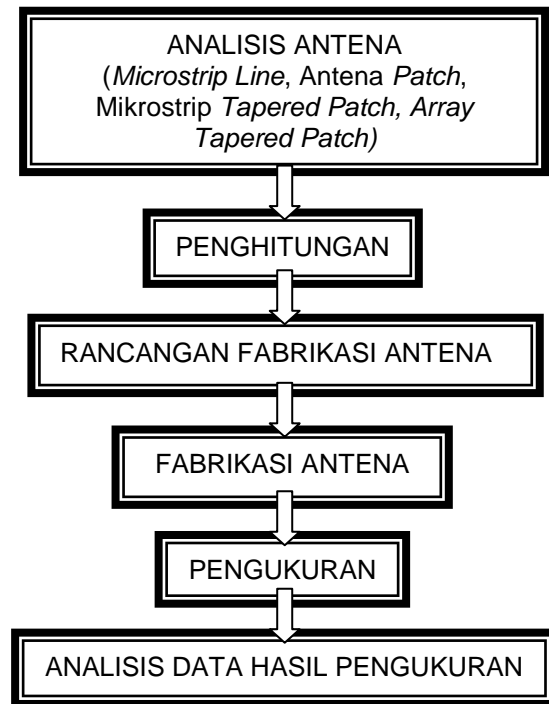
VSWR yang kompatibel dan *return loss* yang kecil serta memiliki penguatan (*gain*) yang besar. Antena yang berfungsi sebagai perangkat radiator gelombang radio memiliki fungsi sebagai pemancar dan penerima. Salah satunya adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki bentuk fisik yang sederhana, ringan dan kompatibel terhadap perubahan suhu. Sebelumnya desain struktur antena mikrostrip sudah pernah dirancang dan diteliti dengan penguatan antara 9,5 sampai dengan 22,0 dBi [Aswoyo, 2000]. Desain mikrostrip *tapered patch* dengan 4 larik (2x2) juga pernah dirancang dan menghasilkan *bandwidth* 0.32 GHz dan penguatan hingga 19 dB. (Artawan, 2011). Untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar dan penguatan (*gain*) yang lebih besar diupayakan dirancang antena mikrostrip dengan jumlah larik yang lebih banyak (Edward, 2005).

Penelitian ini sebagai salah satu aplikasi dari Ilmu Fisika yang selama ini terkesan bahwa Ilmu Fisika cenderung hanya bermain rumus dengan persamaan-persamaan yang susah dan tidak begitu menarik untuk dipelajari. Dengan penelitian ini diharapkan juga menambah wawasan bagi siswa atau mahasiswa bahwa Ilmu Fisika memiliki kontribusi yang luar biasa terhadap perkembangan dan kemajuan teknologi terutama dalam hal ini Teknologi Informasi.

Pada penelitian ini dirancang dan difabrikasi antenna *Mikrostrip Tapered Patch* 4 x4 yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang akan diterapkan pada sistem komunikasi *wi-fi*. Penelitian sejenis juga sudah pernah dilakukan dengan *Mikrostrip Tapered Patch 2x2*. Menurut Edward 2005, dengan jumlah larik yang lebih banyak diharapkan menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar dan penguatan (*gain*) yang lebih besar. Efeknya bahwa gelombang yang diterima yang akan ditransmisikan untuk komunikasi *wi-fi* 2,4 GHz menjadi lebih optimal.

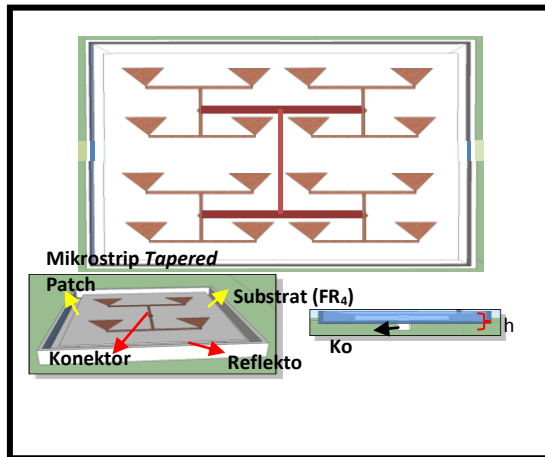
METODE PENELITIAN

Metoda eksperimen digunakan dalam penelitian ini. Analisis antenna dilakukan terlebih dahulu yaitu pada bagian *mikrostrip line*, *patch* dan *tapered patch* yang selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menghasilkan rancangan untuk selanjutnya difabrikasi. Metoda *UV Photoresist Laminate* dilakukan dalam proses fabrikasi. Setelah dilakukan fabrikasi, antenna diukur dan dianalisis untuk mendapatkan karakteristik dari antenna yang dirancang. Langkah-langkah penelitiannya dapat diuraikan sebagai berikut:



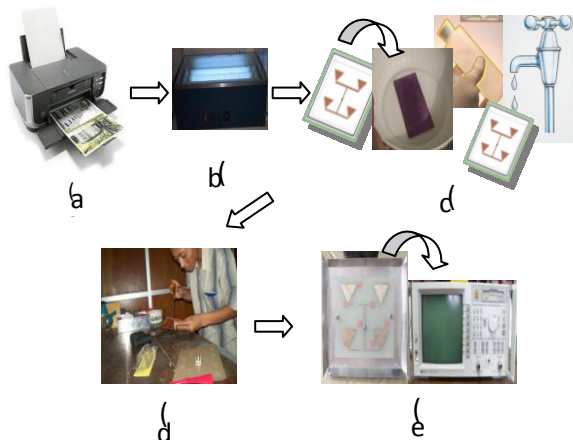
Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

Penentuan arah medan elektromagnetik dengan dimensi ukuran yang tepat dan pencatatan dilakukan berdasarkan analisis persamaan karakteristik antenna. Analisis dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan untuk menentukan dimensi sebagai parameter dari antenna dan karakterisasi dari antenna yang dirancang. Rancangan Antenna Mikrostrip *Tapered Patch* yang akan difabrikasi:



Gambar 2: Rancangan Antena Mikrostrip Tapered Patch

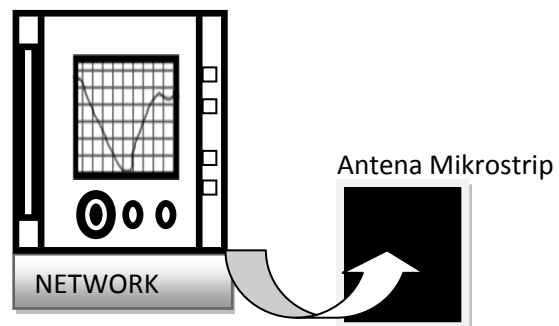
Proses fabrikasi dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain: a) Pencetakan/printing, b) Pencahayaannya (*exposure*), c) *Anneling*, d) Pemasangan konektor dan reflektor, e) Pengukuran.



Gambar 3.3: Proses Fabrikasi Metode yang digunakan saat proses Fabrikasi adalah dengan metode *UV Photoresist Laminate*. Prosesnya: (a) Desain dibuat dengan *Corel Draw* yang selanjutnya

dicetak *layout* pada transparan plastik film dengan laser *printer*. (b). *Layout* diletakkan diatas bahan *FR₄* (*PCB*) yang sudah disiapkan sesuai ukuran yang dirancang, selanjutnya bahan *FR₄* (*PCB*) dimasukkan kedalam *box* untuk melakukan pencahayaannya, diletakkan dibawah sinar *Ultraviolet (UV)* kurang lebih selama 2 menit. Pada proses ini area yang gelap akan menjadi area tembaga dan yang transparan akan hilang. Bagian yang gelap tidak akan ada cahaya *UV* yang bisa tembus. (c). Proses pendinginan (*annealing*) dilakukan kurang lebih 10 menit, selanjutnya *PCB* dibersihkan didalam wadah yang berisi cairan *Natrium Hidroksida (NaOH)* ± ½ liter yang selanjutnya dibersihkan lagi dengan air sampai *PCB* yang sudah tercetak benar-benar bersih. (d). Selanjutnya dilakukan pemasangan konektor *n-female* dengan impedansi 50 Ω dan konektor dari bahan aluminium. (e). Pengukuran dengan *Network Analyzer* sudah siap untuk dilakukan.

Pengukuran dengan *Network Analyzer* dilakukan untuk memperoleh frekuensi dan *SWR*. Digunakan *Network Analyzer* tipe 8712C dalam pengukuran ini. Rancangan pengukuran dengan *Network Analyzer*:



Gambar 3.4: Rancangan Pengukuran dengan *Network Analyzer*

Data hasil pengukuran meliputi nilai frekuensi dan *SWR* dianalisis untuk mendapatkan nilai-nilai karakteristik dari antenna. (Balanis, 1997).
Menentukan nilai *VSWR*:

$$SWR = 20 \text{Log}_{10} VSWR ,$$

Sehingga:

$$VSWR = \text{Log}^{-1} \left(\frac{SWR}{20} \right) , \quad (3.1)$$

Menentukan koefisien refleksi;

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} , \quad (3.2)$$

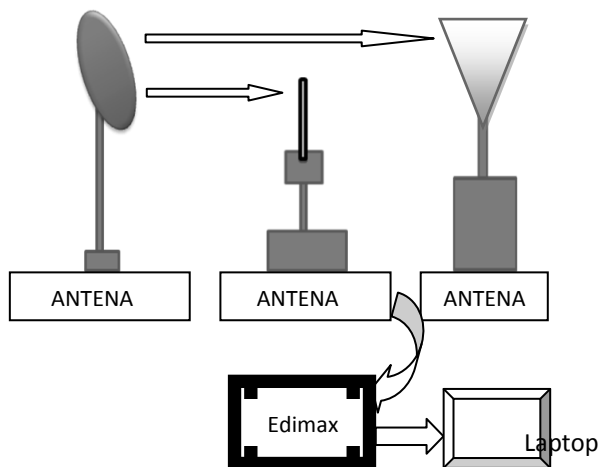
Menentukan nilai *return loss*:

$$RL = -20 \text{Log}_{10} (\Gamma) , \quad (3.3)$$

Keterangan:

- SWR* = Standing Wave Ratio
- VSWR* = Voltage Standing Wave Ratio
- Γ = Koefisien Refleksi
- RL* = Return loss (dB)

Pengukuran selanjutnya untuk mendapatkan Pola Radiasi dari antenna yang dirancang.



Gambar 3.5: Rancangan Pengukuran Pola Radiasi

Hasil pengukuran pola radiasi berupa grafik pola radiasi, selanjutnya dianalisis untuk dicari nilai penguatannya (*gain*) yang diperoleh dengan mencatat sinyal tertinggi pada pola radiasi dibandingkan dengan sinyal tertinggi pada antenna *power*, yang selanjutnya dihitung selisihnya sebagai nilai penguatan (*gain*). Perumusannya:

$$Gain = \frac{\text{Sinyal tertinggi antenna MTP} - \text{Total power antenna acuan (dB)}}{\quad} \quad (3.4)$$

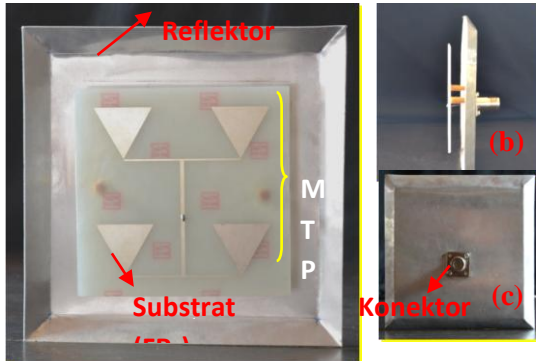
Dari grafik pola radiasi yang dihasilkan diperoleh data yang selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan nilai *HPBW* (*Half Power Beamwidth*). Besarnya nilai *HPBW* identik dengan besarnya sudut total dari sebaran pola radiasi yang diperoleh dibagi dua. Dirumuskan dengan:

$$HPBW = \frac{\text{Besarnya sudut}}{2} , \quad (3.5)$$

Alat dan bahan yang diperlukan dalam proses penelitian ini antara lain: *PCB* (*substrat FR4* dengan permitivitas bahan 4,3 dan tebal 1,6 mm), *printer*, Lampu (sinar *Ultraviolet / UV*), Cairan *Natrium Hidroksida (NaOH)*, Air, Bor listrik, Solder listrik, Konektor tipe *N female* untuk inputan ($Z = 50 \Omega$), Kabel koaksial, Baut dan Mur, Reflektor dengan bahan *Al (Aluminium)*, *Network Analyzer*, Busur derajat, Antena pancar, *Edimax Wi-fi*, Laptop.

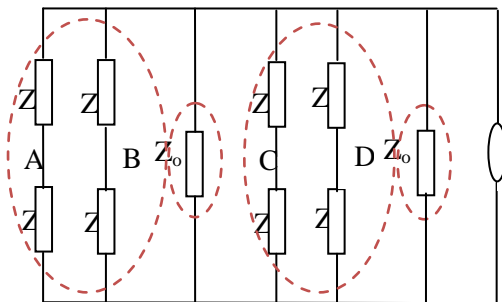
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan fabrikasi sesuai dengan metoda yang diuraikan pada Sub Bab 3.4, diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4.1: Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip *Tapered patch*
 (a) Tampak Depan
 (b) Tampak Samping
 (c) Tampak Belakang

4.2 Rangkaian Ekuivalen Antena



Gambar 4.2: Rangkaian Ekuivalen Antena

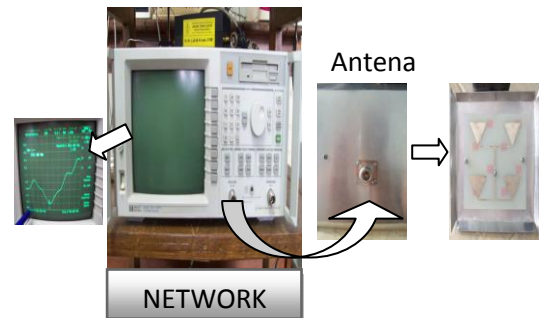
Keterangan:

- Z_{in} = impedansi intrinsik
- Z_0 = impedansi *stripline*

Z (impedansi) terdiri dari resistansi, induktansi dan kapasitansi yang tersusun secara seri. Z_{in} adalah nilai impedansi pada bagian *tapered* yang terhubung secara seri dengan Z_0 impedansi pada bagian *stripline*. Rancangan antena memiliki bentuk yang

simetris, sehingga masing-masing Z (impedansi) pada bagian beban (A,B,C,D) dihitung secara paralel hingga mendapatkan nilai $Z_{total} = Z_L$ pada konektor.

Antena yang sudah difabrikasi diukur dengan *Network Analyzer* untuk mendapatkan nilai frekuensi dan *SWR*. Berikut rancangan pengukuran antena yang sudah difabrikasi dengan menggunakan *Network Analyzer*.



Gambar 4.3: Pengukuran dengan *Network Analyzer*

Selanjutnya nilai frekuensi dan *SWR* yang diperoleh dari hasil pengukuran dianalisis untuk mendapatkan karakteristik lain dari antena seperti *VSWR*, *return loss* dan koefisien refleksi.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran

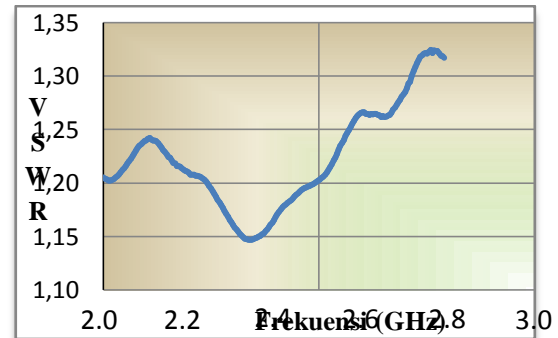
| Bandwidth (GHz) | SWR | VSWR | Return loss (dB) | Koefesien Refleksi |
|-----------------|------|------|------------------|--------------------|
| 0.18 | 1,21 | 1,15 | -23,10 | 0,07 |

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa daerah frekuensi kerja antena yang difabrikasi berada pada *range* 2,23 - 2,41 GHz dengan *bandwidth* 0.18 GHz. Ini berarti bahwa antena yang difabrikasi bisa

diaplikasikan untuk komunikasi *wi-fi* dengan frekuensi 2,4 GHz. Nilai *SWR* 1,21 dan *VSWR* 1,15 menunjukkan bahwa gelombang yang dipantulkan balik kecil, sebagian besar gelombang ditransmisikan. Hal ini mengindikasikan bahwa kinerja antenna semakin baik karena nilai *SWR* dan *VSWR* yang bisa diterima berada pada rentang 1 – 2. Nilai *return loss* -23,10dB menunjukkan bahwa sinyal yang dipantulkan semakin kecil dan sebaliknya sinyal yang diteruskan semakin besar. Dengan nilai *return loss* yang semakin kecil kinerja antenna semakin bagus. Nilai *return loss* yang dapat diterima untuk komunikasi dua arah < -15dB. Dengan koefisien refleksi 0,07 berarti bahwa hampir semua daya dari tegangan input dipancarkan. Koefisien refleksi mengindikasikan seberapa besar daya pantul yang dimiliki oleh sebuah antenna. Koefisien refleksi yang mendekati 0 menunjukkan bahwa kinerja antenna yang difabrikasi baik.

Selanjutnya data yang diperoleh dari hasil pengukuran dianalisis dengan menggunakan program Matlab (*Matrik Laboratory Program*) untuk menghasilkan grafik hubungan antara frekuensi dengan *VSWR* dan grafik hubungan antara frekuensi dengan *return loss*.

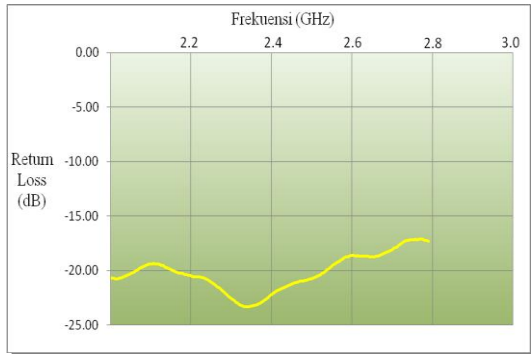
Berikut disajikan grafik hubungan frekuensi dengan *VSWR*:



Gambar 4.4: Hubungan Frekuensi dengan *VSWR*

Pada grafik hubungan antara frekuensi dan *VSWR* terlihat bahwa antenna yang difabrikasi berada pada daerah frekuensi kerja 2,23 – 2,41 GHz dengan *VSWR* 1,15. Hal ini menunjukkan bahwa antenna yang difabrikasi untuk daerah frekuensi tersebut bisa diaplikasikan untuk komunikasi *wi-fi* dengan frekuensi 2,4 GHz. Nilai *VSWR* yang diperoleh mengindikasikan bahwa antenna yang difabrikasi memiliki kinerja yang baik. Artinya sebagian besar gelombang ditransmisikan dan sedikit yang dipantulkan. Secara teori nilai *VSWR* yang bisa diterima sebagai indikasi antenna yang baik memiliki nilai $1 < VSWR < 2$. Semakin kecil atau mendekati 1 nilainya semakin bagus.

Berikut disajikan grafik hubungan frekuensi dengan *return loss*:



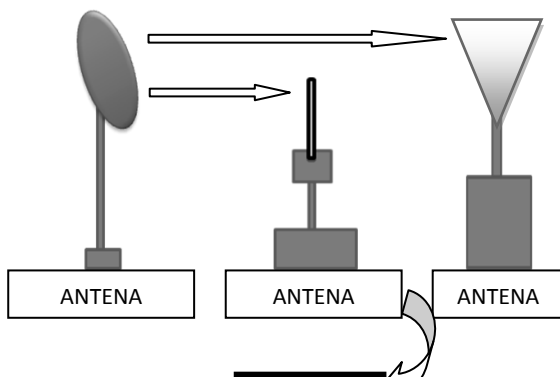
Gambar 4.5: Hubungan Frekuensi dengan Return Loss (RL)

Pada grafik hubungan antara frekuensi dengan *return loss* terlihat bahwa antenna yang difabrikasi bekerja pada daerah frekuensi 2,23 – 2,41 GHz dengan nilai *return loss* -23,10 dB. Nilai *return loss* pada Gambar 4.5 mengindikasikan bahwa antenna yang dirancang memiliki nilai *return loss* yang diterima sebagai karakter antenna yang baik karena nilainya < -15 dB. Nilai ini adalah kebalikannya dari nilai penguatan yang dihasilkan.

Pengukuran pola radiasi dilakukan untuk mengetahui ke arah mana antenna dihadapkan untuk mendapatkan intensitas sinyal yang baik.

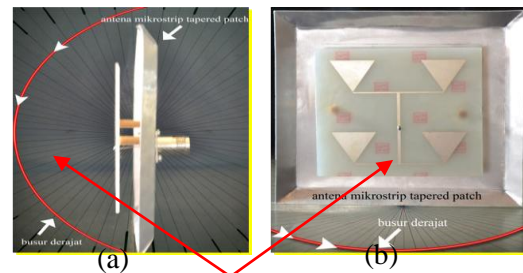
Total power yang digunakan pada antenna pemancar sebesar 18 dB + 25 dBm = 43 dB. Pada antenna monopol *power edimax wi-fi* yang digunakan = 100 mW = 20 dBm. Sehingga total *power* sebagai acuan pengukuran = 43 dB + 20 dB = 63 dB.

Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan rancangan sebagai berikut:



Gambar 4.6: Rancangan Pengukuran Pola Radiasi

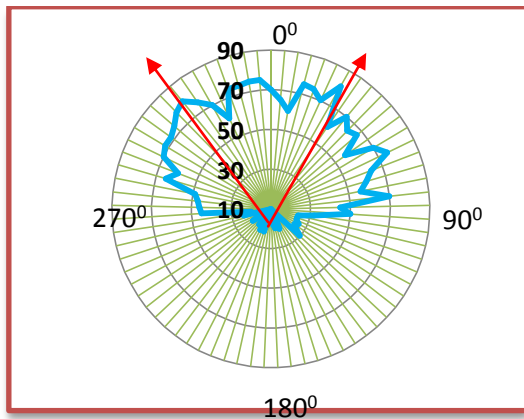
Data pola radiasi diperoleh dengan memutar antenna mikrostrip *tapered patch* ke arah vertikal dan horizontal dengan pergeseran sudut 5°, diarahkan sejajar terhadap antenna monopol. Data yang diperoleh muncul pada laptop yang programnya sudah disetting untuk selanjutnya dianalisis. Berikut ditampilkan gambar saat pengukuran pola radiasi:



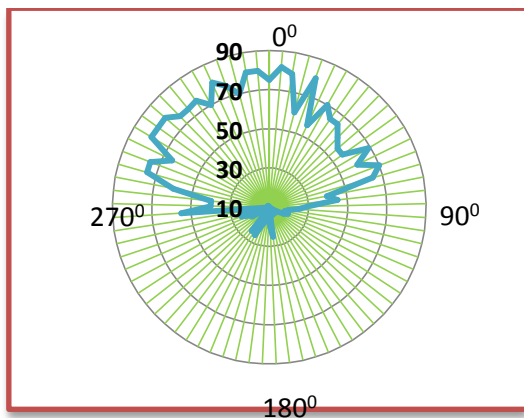
Gambar 4.7: Pengukuran Pola Radiasi
(a) Arah Vertikal
(b) Arah Horizontal

Gambar (a) antenna diputar ke arah vertikal dimulai dari sudut 0° kemudian diputar dengan pergeseran sudut 5° begitu seterusnya sampai 360°. Pada laptop dicatat hasil sinyal yang diterima setiap perputaran dalam satuan *decibels* (dB). Begitu juga pada gambar (b) dengan cara yang sama namun antenna diputar ke arah horizontal.

Dari data yang dicatat, selanjutnya data dianalisis dengan menggunakan program *Matlab* (*Matrik Laboratory Program*). Hasilnya berupa grafik pola radiasi, sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.8: Pola Radiasi
(a) Pola Radiasi Arah Vertikal
(b) Pola Radiasi Arah Horizontal

Dari grafik yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa pola radiasi yang dihasilkan baik pada arah vertikal maupun pada arah horizontal adalah pola radiasi

radial. Artinya intensitas sinyal yang diperoleh pada arah tersebut bernilai maksimal.

Diperoleh nilai penguatan (*gain*) pola radiasi arah vertikal sebesar 18 dB dan pola radiasi arah horizontal sebesar 19 dB. Semakin besar nilai penguatan (*gain*) yang diperoleh kinerja antenna semakin baik. Nilai ini mengindikasikan nilai *return loss* yang kecil. Penguatan sebesar 18 dB dan 19 dB setara dengan nilai *return loss* -18 dB dan -19 dB. Pada hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* sebesar -23,10 dB. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh adanya faktor pantulan disekitar tempat pengukuran saat pengambilan data pola radiasi.

Selanjutnya dari grafik tersebut diperoleh nilai *Half Power Beamwidth* (*HPBW*) dari antenna yang difabrikasi. Diperoleh nilai *HPBW* untuk pola radiasi vertikal dan horizontal 70° . Nilai *HPBW* menyatakan nilai pengarah terhadap pola radiasi dari antenna yang diukur untuk mendapatkan intensitas sinyal yang maksimal.

Dari nilai penguatan (*gain*) yang diperoleh dapat ditentukan nilai efisiensi radiasi dari masing-masing penguatan yang dihasilkan, yang berhubungan dengan direktivitas suatu antenna. Dengan menggunakan Persamaan (2.28), nilai efisiensi yang diperoleh untuk pola radiasi vertikal 0,29 dan pola radiasi horizontal 0,30.

Nilai karakteristik antenna antara lain: frekuensi, *VSWR*, *SWR*, koefisien refleksi (Γ) dan *return loss* (RL) yang dihitung dengan program perhitungan VB.6 hasilnya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan

| FREKUENS I (GHz) | VSW R | SW R | RL (dB) | Γ |
|---------------------|----------|---------|----------------|----------|
| 2,4 | 1,25 | 1,94 | - 19,0 4 | 0,1 1 |

Berikut disajikan tabel hasil pengukuran dengan hasil perhitungan:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan

| HASIL | FREKU E-NSI (GHz) | VSW R | SWR | RL (dB) | Γ |
|-----------------|-------------------------|----------|----------|----------------|----------|
| PENGUKU RAN | 2,23 - 2,41 | 1,1 5 | 1,7 4 | - 23, 10 | 0,0 7 |
| PERHITUN GAN | 2,4 | 1,2 5 | 1,9 4 | - 19, 04 | 0,1 1 |

Dari Tabel 4.3 ditunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil karakteristik dari antenna yang difabrikasi antara data hasil pengukuran dengan data hasil perhitungan. Perbedaan ini tidak terlalu signifikan karena masih berada pada rentang atau nilai yang masih bisa diterima sebagai syarat karakteristik antenna yang baik untuk komunikasi *wi-fi* 2,4 GHz.

Ralat sistematik diperoleh dengan mengetahui kalibrasi alat yang digunakan dalam proses pengukuran. Data untuk kalibrasi alat yang digunakan *Network Analyzer HP8712 C (Output power level accuracy ± 1 dB, frequency accuracy ± 5 ppm)*. Artinya alat yang digunakan untuk pengukuran memiliki keakuratan *power* ± 1 dB dan keakuratan frekuensi ± 5 ppm. Tidak dilakukan standarisasi dengan alat lain, namun keakuratan alat bisa diketahui dengan membandingkan hasil yang

diperoleh dengan hasil perhitungan secara numerik.

Dengan menggunakan metode ralat kebetulan diperoleh hasil kesalahan 0,08% dengan kebenaran/keseeksamaan 99,92%. Hasil ini menunjukkan tingkat presisi yang tinggi dari alat ukur yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kalibrasi alat yang digunakan, sensitivitas alat dan juga faktor luar yang memberikan pengaruh terhadap hasil pengukuran tersebut.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil dan analisis data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa: Fabrikasi dan karakterisasi antenna mikrostrip *tapered patch* untuk komunikasi *wi-fi* pada frekuensi 2,4 GHz sudah dilakukan. Diperoleh hasil pengukuran karakteristik dari antenna mikrostrip *tapered patch* yang dirancang meliputi nilai lebar pita (*bandwidth*) = 0.18 GHz, *VSWR* = 1,15, *SWR* = 1,21, *return loss* = -23,10 dB, koefisien refleksi = 0,07 dan grafik pola radiasi dengan penguatan (*gain*) = 18 dB (polarisasi vertikal), 19 dB (polarisasi horizontal). Nilai *Half Power Beamwidth (HPBW)* 80⁰ untuk pola radiasi vertikal dan pola radiasi horizontal. Kesalahan (*error*) hasil pengukuran 0,08% dengan keseeksamaan 99,92%. Telah dibuat program (*software*) untuk menghitung Impedansi dan karakteristik antenna mikrostrip *tapered patch* (*VSWR*, *SWR*, *return loss* dan koefisien refleksi) sesuai parameter-parameter yang ada dengan program *Visual Basic.6*.

Saran

Pengukuran untuk mendapatkan nilai frekuensi dan karakteristik antenna yang

difabrikasi dengan menggunakan *Network Analyzer* hendaknya dilakukan di ruang kedap (*chamber*). Saat pengukuran pola radiasi diupayakan dilakukan pada kondisi yang lebih ideal, ditempat yang jauh dari faktor-faktor yang menyebabkan adanya pantulan dan *noise*. Diharapkan juga kepada peneliti selanjutnya untuk mencoba merancang dengan dimensi yang optimum dan *array* yang lebih banyak sehingga diharapkan dapat diperoleh hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Artawan. (2011), *Fabrikasi dan Karakterisasi Antena Mikrostrip Tapered Patch Untuk Aplikasi Antena Panel Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Tesis Magister, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010a), *Perancangan Antena Panel Mikrostrip Horn Array 2x2 Untuk Komunikasi Wi-fi Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Simposium Fisika Nasional (SFN), ITS, Surabaya.
- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010b), *Perancangann Antena Panel Mikrostrip Horn Array 2x2 Utuk Komunikasi Wi-fi Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Seminar Nasional MIPA, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Artawan, Hadi Pramono, Yono. (2010c), *Perancangan Antena Mikrostrip Horn Untuk Aplikasi Antena Panel Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNTI), Universitas Tarumanegara, Jakarta.
- Aswoyo, Budi. (2000), *Perancangan Optimasi dan Implementasi Antena Mikrostrip Horn Sektoral Bidang E pada Frekuensi Band X*, Tugas Akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, ITS, Surabaya.
- Balanis, C.A. (1997), *Antena Theory Analysis and Design*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Edward, Terry. (1991), *Foundation For Microstrip Circuit Design*. Knaresborough England.
- Hadi Pramono, Yono. (2002a), *Analisa Respon Frekuensi Antena Mikrostrip*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. ITS, Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2002b), *Analisa Karakteristik Antena CPW Slot dan Patch dengan FDTD*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. ITS, Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2005), *Karakterisasi Antena Mikrostrip Patch 3 GHz Secara Simulasi FDTD (Finite Difference Time Domain) Dan Eksperimen*. Jurnal Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hadi Pramono, Yono. (2009), *Prototipe Antenna Bi-Mikrostrip tapered patch Dengan Dua Arah Pola Radiasi Dan Satu Feeding Monopole Beroperasi Pada Freq. 2,4 GHz*. Prosiding T. Informatika, UPN. Yogyakarta.
- Hidayah, Ifa. (2009), *Desain dan Fabrikasi Antena Bi-Mikrostrip tapered patch Dengan Dua Arah Radiasi dan Satu Feeding Monopole Untuk Komunikasi Wi-fi*. Tesis Magister. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hund, E. (1989), *Microwave Communications, Component and Circuit*, McGraw Hill, New York.
- Kraus, John, D. (1984), *Electromagnetics*, Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Ohri, V, Amin, O, Gebremariam, H Dubois, B. (2003), *Microwave Mikrostrip Horn Antena Design and Test System*, San Jose State University.
- Shafai. (2001), *Microstrip Antena Design Handbook*, Profesor University Of Manitoba, Wimmipeg, Canada.
- Suherman, Nanang. (2008), *Analisis dan Fabrikasi Antena Mikrostrip Horn dilengkapi Reflektor Parabola dengan Metode FDTD*, Tugas Akhir, Jurusan

Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, ITS, Surabaya.
Wikipedia. (2010), *The free encyclopedia*
WIFI (AM). IEEE 802.11.