

Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dua Elemen *Patch* Persegi Untuk Aplikasi *Wireless Fidelity*

M. Darsono

Abstrak— Rancang bangun antena mikrostrip susun dua patch dikembangkan untuk mendukung system komunikasi wireless Standar IEEE 802.11b (Wi-Fi). Antena susun dua patch untuk mendapatkan peningkatan parameter gain. Konfigurasi antena kombinasi dua patch bujur sangkar terhubung rangkaian transformer. Perancangan digunakan metode moment dengan aplikasi simulasi perangkat lunak microwave office. Pada riset ini untuk jenis material substrat yang digunakan adalah duroid RT 5880. Hasil dari simulasi rangkaian transformer dalam kondisi mismatch impedansi diperoleh pada jarak antara kedua patch adalah $0,8\lambda$. Hasil dari simulasi dan pengukuran antena diperoleh parameter bandwidth return loss dibawah 10 dB bergeser 2,9% dan VSWR antara 1 dan 2. Untuk Beamwidth adalah 77,55° dengan gain adalah 9,377 dB. Antena bersifat directional pada arah polarisasi linier vertical dan kinerja optimasi beroperasi di daerah frekuensi Wi-Fi.

Kata Kunci—Antena mikrostrip, Patch bujur sangkar, Transformer, Wi-Fi.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi perangkat komunikasi data melalui jaringan nirkabel atau Wireless LAN (WLAN) terus meningkat sejalan dengan penggunaan akses internet. Teknologi WLAN yang direkomendasikan melalui standar IEEE 802.11 ada tiga, yaitu : Standar IEEE 802.11 (2,4 Ghz dengan kecepatan 2 Mbps), Standar IEEE 802.11a (5 GHz dengan kecepatan 5,4 Mbps), Standar IEEE 802.11b(2,4 GHz-2,5 GHz) dan Standar IEEE 802.11g (2,4 GHz dengan kecepatan 54 Mbps). Wireless fidelity (Wi-Fi) merupakan teknologi WLAN dengan standar IEEE 802.11b yang beroperasi di frekuensi 2,4 GHz-2,5 GHz[8]. Antena Access Point dalam stuktur jaringan WLAN memiliki fungsi sebagai media yang mendistribusikan sinyal ke beberapa perangkat bergerak atau *mobile station*. Untuk meningkatkan kemampuan daya transmisi sinyal dan daya jangkauan pancaran gelombang elektromagnetik lebih jauh. Untuk menunjang kemampuan tersebut dalam riset ini di rancang antena dasar bersifat susun (array) elemen. Antena pada titik akses memiliki sifat *directional*

dengan polarisasi linier. Sehingga antena dapat dirancang dengan model susun agar memperoleh *gain* yang lebih tinggi.

Antena susun dua *patch* terdistribusi melalui rangkaian transformer seperempat gelombang menggunakan model *power divider T-Junction*. Rangkaian transformer dirancang melalui saluran transmisi mikrostrip dengan struktur terdiri dari satu saluran masuk dan dua saluran keluaran yang memiliki nilai impedansi sama. Penempatan antar *patch* peradiasi secara linier satu sumbu koordinat dengan pengaturan jarak resonansi di atas seperempat gelombang pada titik pusat *patch* peradiasi. Material substrat PCB yang digunakan jenis duroid 5880 dengan ketebalan 1,57 mm dan konstanta dielektrik 2,2[3]. Untuk rancang bangun antena digunakan metode simulasi menggunakan perangkat lunak *microwave office*. Hasil rancang bangun antena susun dua patch diharapkan tercapai target parameter *gain* diatas 5 dB.

II. ANTENA MIKROSTRIP

Teknologi mikrostrip merupakan sebuah medium (*substrate*) yang memiliki karakteristik dielektrik yang dapat digunakan untuk menghantarkan atau suatu propagasi gelombang elektromagnetik melalui teknologi MIC (*Microstrip Integrated Circuit*) untuk frekuensi gelombang mikro[1,2]. Secara umum bentuk sebuah *patch* antena mikrostrip ada tiga, yaitu: persegi panjang, lingkaran dan ellips. Struktur dari antena mikrostrip, dimana lebar konduktor pada sisi permukaan atas substrat disebut *patch*. Arah radiasi medan magnetic dari *patch* menuju pada lapisan substrat dengan ketebalan tertentu sampai bidang *ground*. Bidang *ground* merupakan lapisan konduktor yang menutupi seluruh lapisan substrat[2]. Sehingga medan radiasi akan terpantul keseluruhan permukaan substart dan sebagian menuju ke lapisan udara.

A. Rancangan Patch Bujur Sangkar

Sebuah *patch* bujur sangkar merupakan bagian dari bentuk umum *patch* persegi panjang. Bentuk struktur dari *patch* persegi panjang terhadap frekuensi resonansi (f_r) dipengaruhi oleh mode dominan propagasi gelombang tranverse magnetik TM_{mn} , dimana m dan n mode orde. Bentuk dimensi *patch* persegi panjang diperoleh melalui persamaan 1 [5,7] :

M. Darsono adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darma Persada Jakarta. (penulis dapat dihubungi di phone: 021-8649057 ext 2018; email em_darsono@yahoo.co.id)

$$f_r = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left[\left(\frac{m}{L} \right)^2 + \left(\frac{n}{W} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

dimana f_r adalah frekuensi resonansi dalam Hertz, ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif dan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/dt). Untuk L adalah panjang sisi *patch* dalam milimeter dan W adalah lebar sisi *patch* dalam milimeter.

Untuk dimensi *patch* bujur sangkar digunakan mode propagasi terhadap mode propagasi TM_{10} , dimana orde mode untuk $m = 1$ dan $n = 0$. Panjang efektif *patch* bujur sangkar diperoleh melalui persamaan 2 [4,5,7] :

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

Adanya efek *fringing* yang muncul sepanjang sisi tepi peradiasi diperlukan penambahan panjang (ΔL) sepanjang dimensi *patch* yang diperoleh melalui persamaan 3 [4,5,7]:

$$\Delta L = 0,412 h \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right] \quad (3)$$

dimana h adalah ketebalan substrat dalam milimeter, w adalah lebar saluran microstrip dalam milimeter dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik *effective*. Sedangkan untuk efisiensi radiasi lebar *patch* peradiasi (W) bujur sangkar diperoleh melalui persamaan 4 [4,5,7]:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (4)$$

Dimana c adalah kecepatan cahaya, ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik *effective*, f_r adalah frekuensi resonansi dalam Hertz.

B. Rancangan Transformer dan Saluran Transmisi

Sebuah transformer merupakan bagian dari rangkaian *power divider*. Pemodelan transformer dari *power divider* ada tiga, yaitu : impedansi transformer jenis *T-junction*, transformer $\frac{1}{4} \lambda$ dan *off side line*. Untuk rangkaian *power divider* transformer $\frac{1}{4} \lambda$ memiliki konfigurasi, dimana nilai impedansi masuk adalah sama dengan impedansi karakteristik (Z_0) saluran transmisi. Untuk nilai impedansi transformer adalah $Z_0/\sqrt{2}$.

Sebuah saluran transmisi mikrostrip dirancang melalui sebuah garis pada bidang konduktor yang terletak disisi lapisan permukaan substrat dengan lebar *patch*. Lebar konduktor sebagai saluran transmisi memiliki nilai impedansi karakteristik (Z_0), dimana nilai impedansi dipengaruhi rasio antara lebar *patch* (w) terhadap ketebalan substrat (h) serta konstanta dielektrik. Nilai impedansi karakteristik saluran transmisi mikrostrip untuk $w/h > 1$ diperoleh melalui persamaan 5 [5,7] :

$$Z_0(Ohm) = \frac{[120\pi(\epsilon_{eff})^{-1/2}]}{\frac{w}{h} + 1,393 + 0,667 \ln(1,444 + \frac{w}{h})} \quad (5)$$

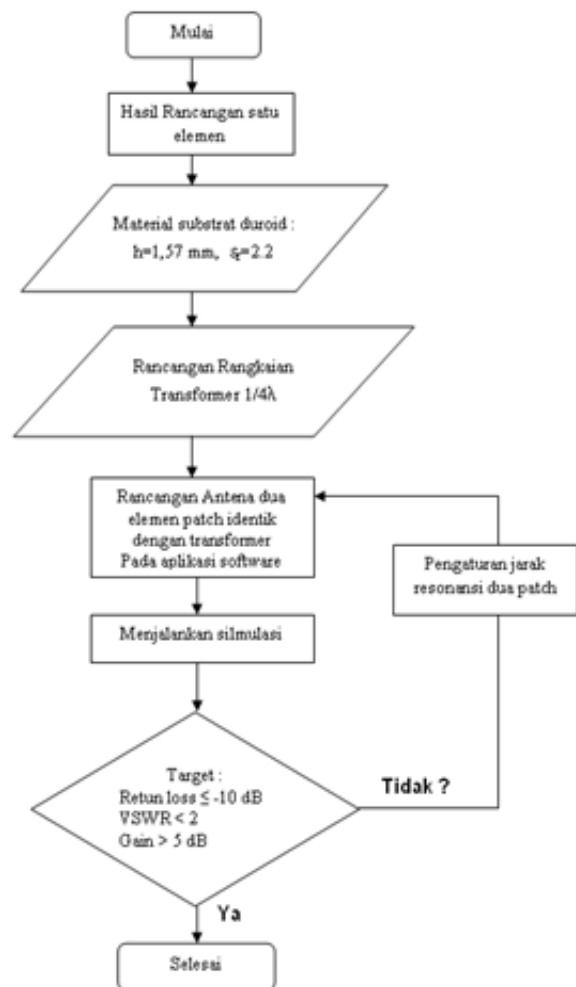
Dimana ϵ_{reff} adalah konstan dielektrik *effective*, w adalah lebar *patch* saluran dan h adalah ketebalan substrat. Konstanta dielektrik *effective* (ϵ_{reff}) yang diperoleh harus memperhitungkan terhadap *fringing* dan propagasi gelombang dalam saluran. Nilai dari konstanta dielektrik *effective* diperoleh melalui persamaan 6 [5,7] :

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-1/2} \quad (6)$$

Dimana h adalah ketebalan substrat dalam milimeter dan w adalah lebar *patch* dalam milimeter.

III. METODOLOGI

Pengembangan desain antenna susun dua elemen *patch* dilakukan untuk peningkatan performansi tingkat power radiasi di daerah frekuensi Wi-Fi. Peningkatan power radiasi penting digunakan untuk antenna pada aplikasi pemancar transmisi. Secara struktur dasar desain antenna susun adalah penambahan sebuah elemen *patch* identik yang ditempatkan pada jarak resonansi frekuensi operasi tertentu.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Antena.

Untuk mendisain rancang bangun antenna digunakan metode simulasi dan pengukuran. Pada aplikasi rancangan simulasi menggunakan metode moment dengan dukungan perangkat lunak *Microwave Office*

(MWO). Sedangkan untuk memvalidasi data parameter hasil simulasi dilakukan melalui metode pengukuran menggunakan perangkat *Network Analyzer* di Laboratorium Antena Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.

Langkah rancangan antenna dua elemen patch melalui metode simulasi terlihat seperti pada Gambar 1. Pada diagram alir memperlihatkan tahap proses perancangan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak microwave office.

Langkah awal dengan membuat duplikasi hasil rancangan dari antenna satu elemen patch seperti pada Gambar 2. Selanjutnya untuk menentukan material substrat PCB. Dalam hal ini digunakan jenis material yang sama yaitu duroid RT 5880, dimana ketebalan (h) adalah 1,57 mm dan konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2,2. Tahap berikutnya adalah merancang rangkaian transformer $1/4\lambda$ sebagai power divider impedansi. Hasil rancangan terhadap transformer terlihat pada Gambar 4.

Tahap kedua dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak microwave office untuk mendisain antenna dua patch dengan struktur dimensi seperti pada Gambar 3. Model rancangan selanjutnya dilakukan menjalankan proses simulasi, dimana keluaran dari hasil proses ini adalah nilai target parameter antenna, seperti : bandwidth return loss ≥ -10 dB, VSWR < 2 dan Gain (directivity maksimum) > 5 dB. Bila belum tercapai nilai target bandwidth return loss ≥ -10 dB, maka dalam proses ini dapat dilakukan dengan perubahan jarak resonansi antara dua patch dan proses menjalankan simulasi diulang kembali. Bila semua target parameter antenna telah terpenuhi, maka proses simulasi selesai.

Kelanjutan dari proses diatas adalah membuat diskripsi tentang dimensi antenna seperti penjelasan gambar 3. Dimensi gambar 3 digunakan sebagai dasar pembuatan pada photoligrafi (copy film) untuk proses printing pada material substrat.

Gambar 2 memperlihatkan prototip antenna mikrostrip satu elemen patch bujur sangkar dengan penambahan sebuah stub saluran transmisi untuk aplikasi Wi-Fi.



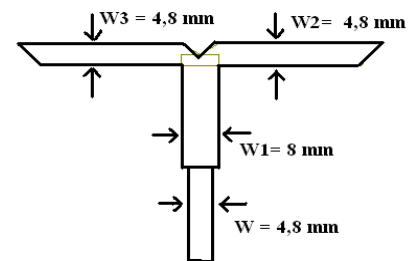
Gambar 2. Prototip antenna mikrostrip satu elemen patch[8].

Sebuah dimensi patch peradiasi bujur sangkar secara analisa dipengaruhi oleh nilai frekuensi center dan spesifikasi material substrat PCB. Lebar dan panjang sebuah patch dapat diperhitungkan melalui persamaan 2 dan 4. Untuk frekuensi center (f) adalah 2,45 GHz dan kecepatan cahaya (c) adalah 3.10^8 m/s, dimana ketebalan substrat (h) adalah 1,57 mm dan konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2,2 melalui persamaan 4 diperoleh lebar patch (W) adalah 43,2 mm[8].

Demikian halnya analisa terhadap panjang patch (L) dipengaruhi nilai frekuensi center dan konstanta dielektrik effective (ϵ_{reff}) serta selisih pertambahan panjang sisi tepi patch (ΔL)[10]. Nilai konstanta dielektrik effective dapat diperoleh melalui analisa persamaan 6, dimana lebar saluran transmisi (w) mikrostrip diperhitungkan terlebih dahulu menggunakan persamaan 5. Untuk impedansi karakteristik saluran (Z_0) adalah 50 ohm melalui substitusi persamaan 5 ke dalam persamaan 6, maka diperoleh lebar saluran transmisi adalah 4,8 mm. Sehingga nilai konstanta dielektrik effective dengan memasukan nilai $w = 4,8$ mm diperoleh ϵ_{reff} adalah 1,891. Analisa terhadap nilai ΔL , dimana h adalah 1,57 mm dan w adalah 4,8 mm serta ϵ_{reff} adalah 1,891 melalui persamaan 3 diperoleh 0,005 mm. Sehingga panjang effective yang digunakan desain patch adalah 43,2 mm.

Penambahan sebuah stub matching memiliki pengaruh terhadap matching impedansi antara saluran transmisi dengan beban. Kondisi mismatch dipengaruhi oleh posisi stub dari patch dan panjang stub sendiri[8,9]. Nilai impedansi stub yang digunakan adalah 50 Ohm dan hasil yang diperoleh rangkaian dalam keadaan mismatch saat posisi 7,2 mm dari patch dan panjang stub adalah 14,4 mm.

Sebuah rangkaian power divider transformer memiliki fungsi sebagai pembagi terhadap impedansi saluran transmisi[7,10]. Gambar 3 memperlihatkan hasil rancangan dari struktur power divider jenis T-Junction terdiri dari satu saluran input 50 Ohm dan dua saluran output masing-masing 50 Ohm melalui persamaan 4 diperoleh lebar (w) adalah 4,8 mm.



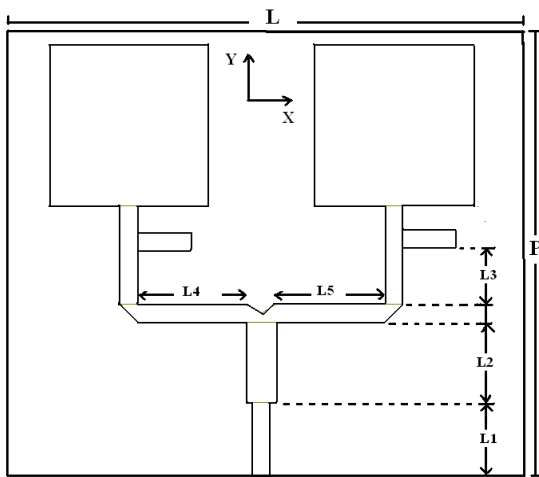
Gambar 3. Rancangan Rangkaian Transformer.

Sedangkan impedansi transformer $1/4$ memiliki impedansi senilai dengan $Z = Z_0/\sqrt{2} = 35$ Ohm, dimana lebar transformer melalui analisa persamaan 4 diperoleh 8 mm.

Untuk panjang transformer $1/4\lambda$ dapat diperhitungkan melalui analisa terhadap panjang gelombang guide saluran (λ). Panjang gelombang guide dari suatu transformer senilai dengan $\lambda = \lambda_0/\sqrt{\epsilon_{reff}}$, dimana λ_0

adalah panjang gelombang pada ruang bebas adalah 122 mm dan konstanta dielektrik *effective* (ϵ_{reff}) adalah 1,891. Sehingga panjang gelombang *guide* yang diperoleh adalah 88,7 mm dan panjang transformer $1/4\lambda$ diperoleh 21,6 mm.

Rancangan antenna susun dengan dua elemen *patch* merupakan bentuk luasan dari struktur antenna pada gambar 4. Pada gambar 4 memperlihatkan bentuk rancangan antenna susun dua elemen *patch* hasil luasan dari rancangan antenna satu elemen *patch*. Secara struktur ada penambahan baru pada sisi rangkaian saluran transmisi yaitu sebuah rangkaian transformer $1/4\lambda$. Untuk dimensi rancangan antenna memiliki ukuran material substrat yang digunakan adalah 12 cm x 15 cm (L x P). Panjang struktur saluran transmisi mikrostrip pencatu (L_1) adalah 20 mm dan panjang saluran transformer $1/4 \lambda$ adalah 21,6 mm (L_2). Untuk panjang saluran penghubung (L_3) adalah 15,3 mm dan panjang kedua saluran keluaran (L_4) adalah 29,6 mm dan panjang (L_5) adalah 29,6 mm.



Gambar 4. Konfigurasi rancangan antenna susun dua *patch*.

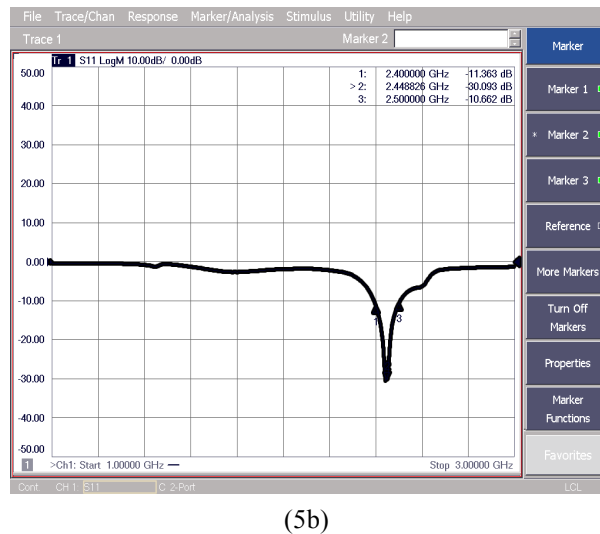
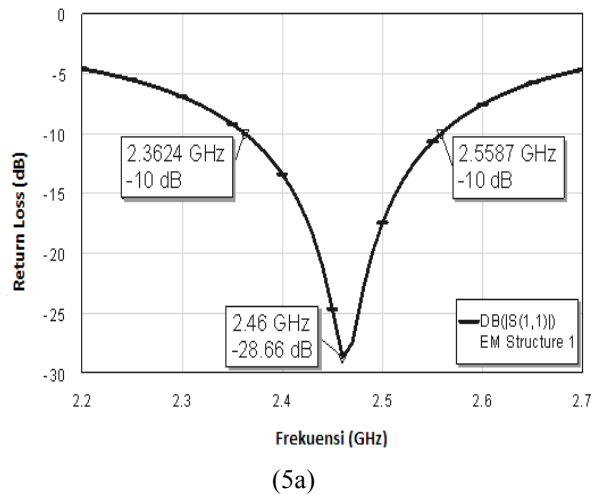
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen terhadap rancang bangun antenna susun dua elemen *patch* melalui simulasi dan pengukuran memperoleh beberapa parameter, seperti : *bandwidth*, polaradiasi dan *gain*. Untuk metode pengukuran hanya dilakukan pada parameter S11. Pada proses perancangan antenna melalui simulai tercapai optimasi untuk jarak resonansi antara kedua *patch* diperoleh pada jarak $0,8\lambda$ atau 72 mm.

Gambar 5a memperlihatkan lebar pita frekuensi atau *bandwidth* dari return loss dibawah -10 dB hasil dari simulasi. Frekuensi kerja yang diperoleh dengan nilai batas minimum di frekuensi 2,3624 GHz dan batas maksimum di frekuensi 2,5587 GHz dengan return loss minimum -28,66 dB di frekuensi resonansi 2,46 Ghz. Sehingga *bandwidth* yang diperoleh adalah 196,3 MHz (*narrowband* 7,8%).

Gambar 5b memperlihatkan hasil dari pengukuran untuk frekuensi terhadap return loss dibawah -10 dB. Hasil pengukuran frekuensi kerja batas frekuensi minimum adalah 2,39 GHz (marker 1) dan frekuensi

maksimum adalah 2,51 GHz (marker 3) dan return loss minimum -30,093dB (marker 2) saat frekuensi resonansi 2,4488 GHz. Sehingga *bandwidth* yang diperoleh adalah 120 MHz (*narrow band* 4,9%). Hasil dari simulasi terhadap pengukuran adanya pergeseran lebar pita frekuensi atau *bandwidth* sebesar 2,9%. Secara aplikasi untuk target frekuensi operasi Wi-Fi di frekuensi (2,4 GHz - 2,5GHz) dengan *bandwidth* 100 MHz, perfomansi antenna yang dirancang sudah memenuhi pencapaian yang terbaik untuk aplikasi Wi-Fi.

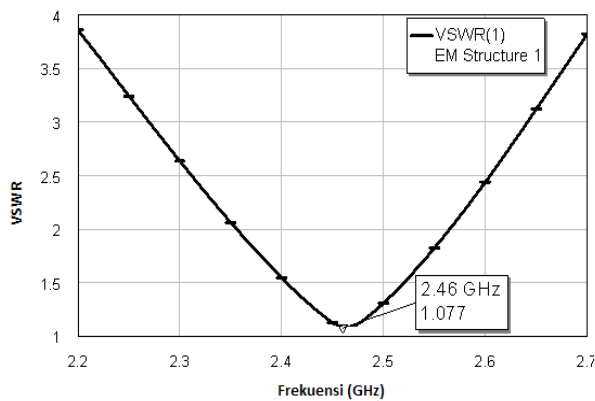


Gambar 5. (a) Grafik Frekuensi Vs *Return Loss* hasil simulasi. (b) Grafik Frekuensi Vs return loss hasil pengukuran

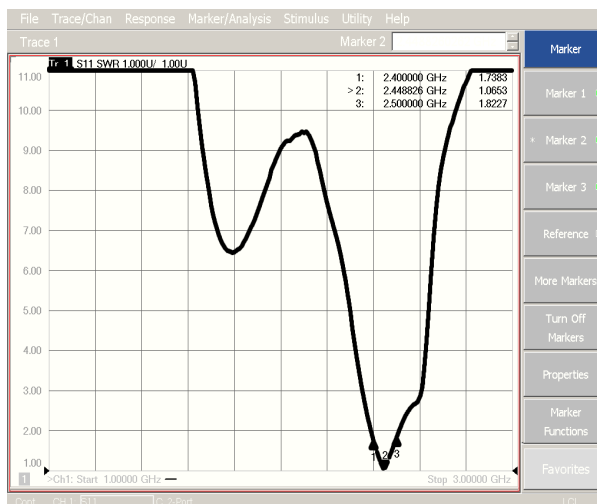
Gambar 6a dan 6b memperlihatkan grafik frekuensi terhadap VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) hasil dari simulasi dan pengukuran. Untuk target parameter dalam performance antenna, dimana batas nilai VSWR untuk daerah frekuensi operasi adalah antara 1 dan 2. Hasil eksperimen memperlihatkan VSWR minimum yang diperoleh adalah 1,077 (simulasi) dan 1,065 (pengukuran). Pencapaian nilai tersebut optimasi terhadap koefisien refleksi yang diperoleh saluran dengan beban dalam keadaan *mismatch*.

Gambar 7a dan 7b memperlihatkan grafik smith chart hasil impedansi masukan (Z_{in}) dalam keadaan *mismatch*. Koefisien refleksi impedansi saat frekuensi

resonansi 2,46 GHz, impedansi masukan hasil simulasi adalah $Z_{in} = 1,06353 + j0,0419965 \Omega$. Sedangkan untuk hasil pengukuran diperoleh saat frekuensi resonansi 2,488 Ghz, impedansi masukan adalah $Z_{in} = 47,911\Omega$.



(6a)



(6b)

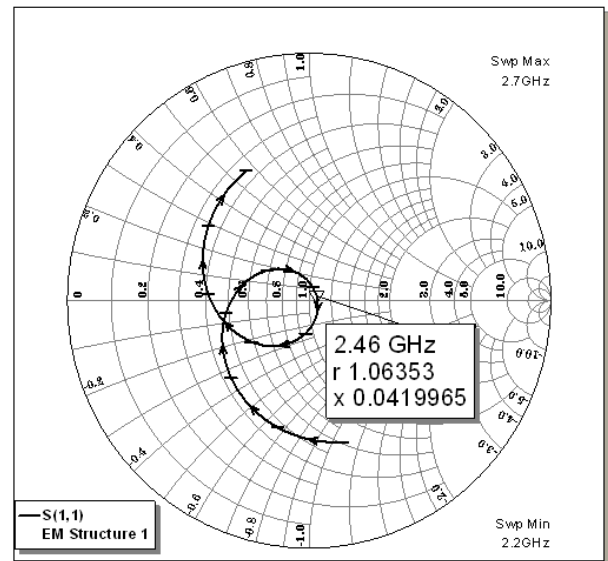
Gambar 6. (a) Grafik frekuensi Vs VSWR hasil simulasi. (b) Grafik Frekuensi Vs VSWR hasil pengukuran.

Gambar 8 memperlihatkan nilai *beamwidth* batas 3 dB[10] yang dibentuk dari suatu polaradiasi hasil simulasi. Nilai *beamwidth* yang diperoleh memperlihatkan sebesar $77,55^\circ$ yang membentuk terhadap keterarahan polarisasi medan radiasi arah linier vertikal. Polarisasi antenna seperti ini memiliki sifat directional sebagai antenna monopole yang ditentukan kinerja pada ketentuan arah radiasi vertikal atau horisontal[6,10].

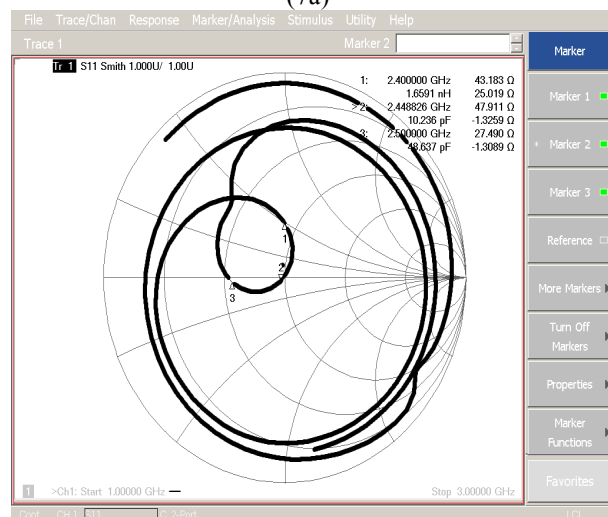
Gambar 9 memperlihatkan suatu polaradiasi yang terukur dari intensitas radiasi terhadap keterarahan sudut soliditasnya (θ, ϕ) [6,10]. Hasil simulasi memperlihatkan intensitas power radiasi maksimum pada sudut soliditas 0° diperoleh sebesar 9,377 dB. Nilai tersebut

Gambar 10 memperlihatkan bentuk prototip antenna hasil dari rancang bangun antenna susun dua elemen *patch* bujur sangkar. Sebuah struktur antenna susun *patch* yang dirancang pada sebuah permukaan substrat duroid yang terdiri dari dua buah *patch*, dua buah *stub*, rangkaian transformer dan saluran transmisi mikrostrip.

Ujung tepi sisi saluran pencatu ditempatkan sebuah konektor jenis SMA *Coaxial* 50 Ohm yang dikoneksikan saat dilakukan pengukuran yang dihubungkan ke titik ukur *network analyzer*.



(7a)



(7b)

Gambar 7. (a) Grafik Smith chart impedansi masukan hasil simulasi. (b) Grafik smith chart impedansi masukan hasil pengukuran.

Secara keseluruhan hasil eksperimen dari rancang bangun antenna susun dua elemen patch mikrostrip memperlihatkan performansi antenna telah memenuhi dalam sistem kinerja Wi-Fi.

V. KESIMPULAN

Pada perancangan antenna dengan menggunakan pemodelan patch identik lebih dari satu serta tetap beroperasi di frekuensi yang sama dari karakteristik antenna satu elemen untuk jarak resonansi antar patch menjadi sangat penting. Hasil riset memperlihatkan untuk optimasi jarak resonansi 0,8 λ atau 72 mm antar dua elemen *patch* beresonansi di frekuensi Wi-Fi. Namun demikian masih ada kelemahan dalam riset ini dikarenakan untuk parameter radiasi belum dapat dilakukan pengukuran.

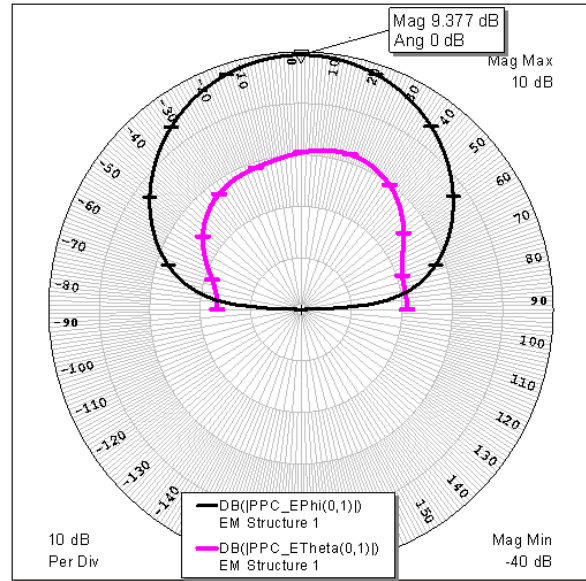
Untuk parameter antenna terlihat dari hasil simulasi

dan pengukuran pada optimasi jarak resonansi 72 mm diperoleh lebar pita frekuensi atau bandwidth diatas 100 MHz lebih besar dari bandwidth dalam sistem Wi-Fi. Meskipun demikian masih terlihat nilai pergeseran antara simulasi dan pengukuran yaitu 2,9% dan VSWR diperoleh antara 1 dan 2. Sedangkan beban dalam keadaan mismatch untuk impedansi masukan.

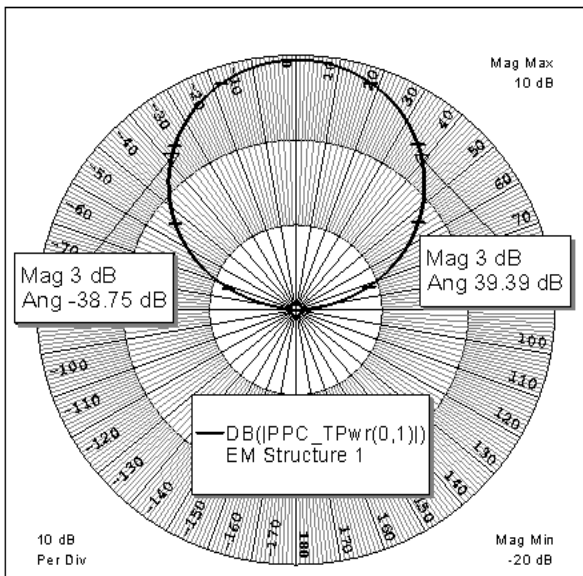
Bentuk polaradiasi dan arah polarisasi dari antenna memperlihatkan nilai gain sebesar 9,377 dB, dimana radiasi terpolarisasi linier ke arah vertikal. Untuk beamwidth sebesar 77,55 derajat pada level 3 dB memperlihatkan sifat directional dari pancaran radiasi gelombang elektromagnetik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

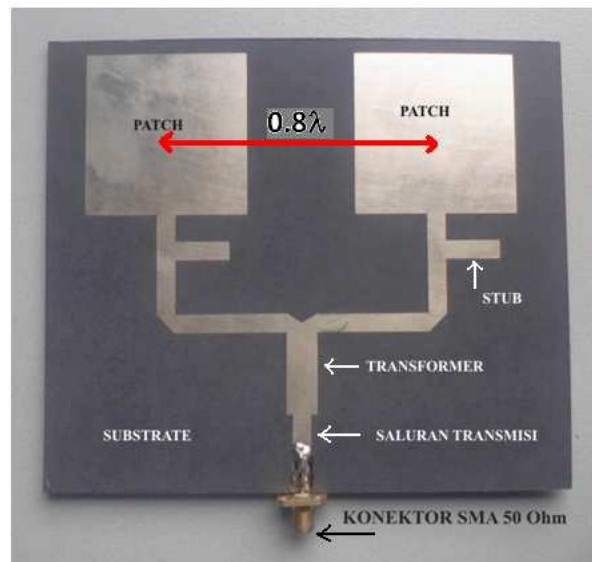
- [1] Bahl, I. J and Bhartia, P, “Microstrip Antennas”, Artech House, 1980.
- [2] Garg, R., Bartia, P, Bhal, I. Ittipiboon, A., *Microstrip Design hand book*, (Norwood : Artech House) inc, MA, 2001.
- [3] High Frequency Laminate : Standard Thickness, Tolerances and Panel Sizes. www.rogerscorporation.com
- [4] James, J.R and P.S Hall, “ Handbook Microstrip Antennas” , IEEE Electromagnetic Wave Series 28, 1989.
- [5] JR James & PS Hall, “ Handbook of Microstrip Antennas”, Peter Peregrinus Ltd, Volume 1 dan Volume 2, 1993.
- [6] John D. Kraus, “ Antennas “, McGraw-Hill, 2nd ed, 1988.
- [7] Kai Chang, Inder Bahl, Vijay Nair , “ RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System”, John Wiley & Son, 2002.
- [8] M. Darsono, ” Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Bujur Sangkar Pencatuan Saluran Transmisi dengan Stub untuk Aplikasi Wireless Fidelity “, Prosiding Seminar Radar Nasional ,Hal 81-86, April 2011, ISSN 1979-2921.
- [9] M.Darsono, Supto Nugroho, ”Rancang Bangun Antena Mikrostrip Polarisasi Melingkar Patch Bujur Sangkar untuk Komunikasi Satelit” Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, Vol.10, No.1, Hal 86-92, ISSN 1411-8289, 2010.
- [10] Robert E. Collin ,” Foundation For Microwave Engineering “, McGraw-Hill, 2nd ed, 1992.



Gambar 9. Polaradiasi antenna hasil simulasi.



Gambar 8. Bentuk polaradiasi antenna hasil simulasi.



Gambar 10. Prototip antenna susun mikrostrip dua elemen patch.

TABLE I
UNITS FOR MAGNETIC PROPERTIES

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Bandwidth	196,3 MHz	120 MHz
Return Loss minimum	-28,66 dB	-30,093 dB
VSWR minimum	1,077	1,065
Impedansi Masukan(Zin)	1,06353 + j0,0419965Ω	47,911Ω
Beamwidth	77,55 Derajat	-
Gain	9,377 dB	-
Polarisasi	Linier	-
Impedansi	50Ω	-