

Peningkatan *Gain* dengan Teknik *Multilayer Parasitic* pada Perancangan Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz

Eva Yovita Dwi Utami^{1*)}, Chorintan Prabelia²⁾, Fransiscus Dalu Setiaji³⁾ dan Yuyu Wahyu⁴⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

⁴⁾ Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung, Indonesia
Corresponding Email: *)eva.utami@uksw.edu

Abstract – Microstrip patch antennas offer low profile and low cost fabrication advantages but limited gain and bandwidth. Some methods and techniques have been proposed and developed to improve gain of microstrip antenna, and one of them is multilayer parasitic technique. In this paper, the design and realization of rectangular patch microstrip antenna with multilayer parasitic for enhancing antenna gain that operates at frequency of 2.4 GHz is presented. The designed antenna consists of one rectangular patch as the main antenna on the first layer and the 2x2 configuration of rectangular patches on the second and third layers as the parasitic substrate. The simulation results show that the single element antenna has a gain of 3.224 dB and increases to 8.593 dB by using the parasitic multilayer antenna. The antenna design was then fabricated using an Epoxy FR4 substrate with a dielectric constant of 4.65 and a thickness of 1.6 mm. The fabricated multilayer parasitic microstrip antenna has dimension of 80 mm × 90 mm × 34.8 mm. The measurement results show that the VSWR value is 1,284 and the return loss is -18,091 dB at the center frequency of 2,442 GHz. The gain of the multilayer parasitic microstrip antenna measurement is 9.1 dB. The operation frequency range is 2.32 - 2.565 GHz at VSWR < 2, the bandwidth of 245 MHz is achieved and unidirectional radiation patterns are obtained.

Key words: *microstrip, patch, rectangular, gain, multilayer parasitic*

I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi nirkabel berkembang sangat pesat karena fleksibilitasnya dibandingkan komunikasi menggunakan jaringan kabel. Antena berperan penting dalam komunikasi nirkabel karena berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas atau udara dan menerima gelombang elektromagnetik dari ruang bebas. Sistem komunikasi nirkabel juga bersifat semakin personal, yaitu menggunakan perangkat komunikasi yang dapat dibawa dan lebih mudah berpindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya, misalnya pada komunikasi seluler, *Wireless Local Area Network* (WLAN), Bluetooth dan RFID. Pada komunikasi seluler telah berkembang standar dari generasi pertama sampai dengan generasi kelima. Teknologi WLAN juga terus dikembangkan berdasar pada standar IEEE 802.11b/g/a/n/ac yang semakin ditingkatkan *data rate*-nya serta bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz [1].

Kemajuan teknologi komunikasi nirkabel tersebut

mensyaratkan perangkat terminal berukuran kecil dan mudah dibawa kemana saja. Hal ini berujung pada kebutuhan antena yang sederhana, ringan dan berukuran relatif kecil. Salah satu antena yang dikembangkan untuk perangkat yang kecil adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan jenis antena tercetak yang terdiri dari *patch* logam yang dicetak di atas suatu substrat tipis yang memiliki *ground plane* di bagian bawahnya [2]. Antena mikrostrip memiliki keunggulan dalam hal bentuknya yang sederhana, berukuran kecil, ringan, harga fabrikasi yang rendah, kuat secara mekanik jika dipasang pada permukaan yang kaku, dapat difabrikasi oleh teknologi *printed-board* modern serta mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs) [2],[3],[4]. Namun demikian antena mikrostrip memiliki kelemahan dalam hal *bandwidth*, *gain* dan efisiensi yang rendah, sehingga harus digunakan metode-metode tertentu untuk meningkatkannya.

Salah satu metode untuk meningkatkan *gain* adalah dengan metode *array*. Perancangan antena mikrostrip *array* telah dilaporkan pada [5] yaitu merancang antena mikrostrip *patch* persegi panjang dengan *array* dua elemen pada frekuensi 2,4 GHz. Pada [6] dirancang antena mikrostrip segiempat planar *array* 2x2 pada frekuensi 2,4 GHz dan pada [7] dilakukan simulasi *linear array* mikrostrip persegi panjang dengan elemen tunggal, *array* 2x1 dan *array* 4x1. Perancangan antena pada ketiga penelitian tersebut berhasil menunjukkan bahwa antena *array* memiliki *gain* yang lebih besar daripada antena elemen tunggal. Sementara itu bentuk *patch* yang berbeda diteliti pada [8] yaitu dirancang antena mikrostrip berbentuk lingkaran dengan *array* 4 elemen pada frekuensi 2,4 GHz.

Kelemahan dari metode *array* adalah memiliki dimensi yang masih terlalu luas dan kesulitan dalam melakukan perancangan pada teknik pencatunya. Hal ini dikarenakan semakin banyak elemen antena yang disusun untuk meningkatkan *gain*, semakin rumit perhitungan dan perancangan teknik pencatunya dalam mendapatkan kondisi *matching impedance*.

Metode lainnya untuk meningkatkan *gain* adalah dengan *multilayer parasitic*, seperti dilaporkan dalam [9],[10],[11]. Pada antena mikrostrip *multilayer parasitic* ini, suatu antena utama berupa mikrostrip *single patch* ditambahkan *patch* lain secara berlapis atau bertingkat sebagai elemen parasitiknya dengan jarak pemisah (*air gap*) tertentu. Antena yang mendapatkan catuan hanya

antena utama, sementara elemen parasitiknya memperoleh eksitasi dari kopling elektromagnetik medan dekat dari antenna utama. Penelitian antenna *multilayer parasitic* pada [9] dan [11] mengemukakan bahwa metode *multilayer parasitic* dapat mengurangi luas dimensi antenna namun tetap menghasilkan *gain* yang besar dan lebih mudah dalam perancangan teknik pencatumannya karena hanya dilakukan pada antenna utama, yang berupa *single patch*, sehingga tidak perlu merancang saluran transmisi yang banyak seperti pada metode *array*. Pada [9] dibahas desain antenna mikrostrip *multilayer parasitic* untuk meningkatkan *gain* pada frekuensi 5.8 GHz yang menghasilkan peningkatan *gain* 62.3% dari 2,012 dB menjadi 8.656 dB berdasarkan hasil simulasi. Bahan substrat yang digunakan untuk antenna utama dan elemen *parasitic* berbeda dalam penelitian ini. Pada penelitian [10] antenna *multilayer parasitic* didesain pada frekuensi 2,35 GHz dengan hasil simulasi menunjukkan peningkatan *gain* dari 3,85 dB untuk antenna utama saja, menjadi 7,31 dB ketika ditambahkan *layer* kedua dan 8,29 dB pada penambahan *layer* ketiga. Pada penelitian [11] bentuk *patch* lingkaran dirancang dengan penambahan *front-end parasitic*, menghasilkan peningkatan *gain* dari 6,2 dB menjadi 8,2 dB. Perancangan antenna dengan teknik *multilayer* yang digabungkan dengan *array* dilaporkan pada [12] yaitu perancangan *array* mikrostrip 1×2 dengan *patch* persegi untuk aplikasi 2,45 GHz dengan jumlah *layer* 5 elemen. Hasil yang diperoleh adalah *gain* sebesar 8,25 dB. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan penggunaan tiga *layer*. Dapat juga ditunjukkan dari penelitian-penelitian tersebut bahwa pada penggunaan tiga *layer* atau lebih, peningkatan *gain* menjadi kurang signifikan.

Dalam makalah ini akan dibahas hasil perancangan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang dan pengaruh penambahan teknik *multilayer parasitic*. Konfigurasi antenna terdiri dari tiga *layer* dengan elemen *parasitic patch* 2×2, seperti pada [9] dan [10] tetapi dengan frekuensi kerja yang berbeda yaitu frekuensi kerja WLAN pada 2,4 GHz. Pembahasan hasil perancangan meliputi hasil simulasi dan pengukuran antenna yang telah difabrikasi. Selain itu juga dilaporkan hasil pengukuran penerimaan sinyal pada antenna hasil rancangan yang dipasang pada modul *Wi-Fi*.

II. METODOLOGI

Antena yang dirancang adalah antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic*, terdiri dari tiga *layer*. *Layer* pertama merupakan antenna utama yang berupa *patch* persegi panjang tunggal. *Layer* kedua dan ketiga merupakan elemen *parasitic* dengan konfigurasi *patch* 2×2. Elemen *parasitic* ini menyerupai bentuk *array* tetapi tanpa pencatuan langsung. Hal ini untuk mengambil keuntungan konfigurasi *array* yang dapat meningkatkan

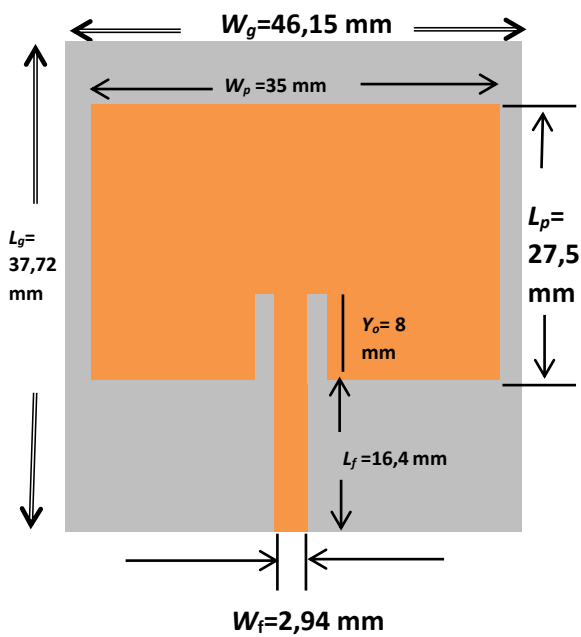
gain, tetapi dengan membatasi ukuran tidak terlalu besar. Bahan substrat yang digunakan pada ketiga *layer* adalah FR4 Epoxy dengan nilai permitivitas relatif 4,65 dan ketebalan 1,6 mm. Antena dirancang untuk beroperasi pada rentang frekuensi kerja WLAN yaitu 2,4-2,484 GHz dengan frekuensi tengah 2,442 GHz. Antena dirancang untuk dapat memenuhi nilai $VSWR \leq 2$ dan $return\ loss \leq -9,54$ dB pada frekuensi operasi agar dapat memenuhi kriteria *impedance matching* minimum [2]. Nilai impedansi 50 Ω disesuaikan dengan impedansi saluran transmisi pada frekuensi gelombang mikro. Spesifikasi yang ditetapkan dalam perancangan antenna ini ditunjukkan pada Tabel 1. Pada antenna utama digunakan teknik pencatuan *microstrip line feed* dengan *inset fed*. Dalam proses perancangan, digunakan *software* simulasi CST Microwave Studio.

Tabel 1. Spesifikasi rancangan antenna

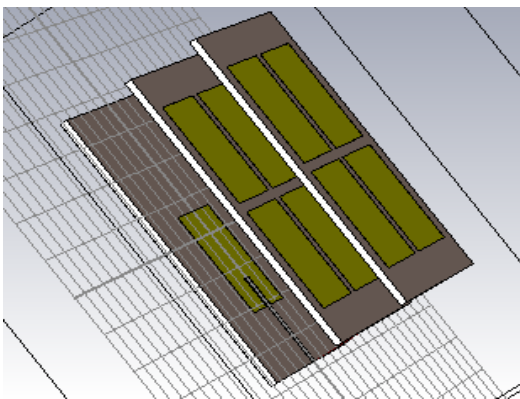
Parameter	Nilai
Frekuensi tengah	2,442 GHz
VSWR	<2
Return loss (dB)	<-9,54 dB
Bandwidth	84 MHz
Gain	≥ 8 dB
Pola radiasi	Unidirectional

Antena utama berbentuk *patch* persegi panjang. Prosedur perancangan antenna dilakukan seperti prosedur perancangan antenna tunggal *patch* persegi panjang pada [5] berdasarkan persamaan-persamaan matematis dalam [2],[13] untuk mendapatkan dimensi antenna. Hasil perhitungan dimensi antenna dimasukkan ke dalam rancangan antenna pada *software* simulasi. Hasil simulasi awal belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan sehingga harus dilakukan optimasi untuk mendapatkan nilai VSWR, *return loss*, dan impedansi terbaik pada frekuensi operasi. Setelah proses optimasi, diperoleh rancangan antenna utama seperti tampak pada Gambar 1.

Simulasi elemen tunggal menghasilkan dimensi *patch* dengan ukuran panjang *patch* sebesar 27,5 mm, lebar *patch* 35 mm dan panjang *inset fed* sebesar 8 mm. Dengan simulasi rancangan antenna persegi panjang elemen tunggal ini diperoleh hasil pada frekuensi 2,442 GHz, memiliki *return loss* sebesar -22,293 dB dan VSWR sebesar 1,1664. *Bandwidth* antenna berada pada rentang 2,4078 GHz sampai dengan 2,4774 GHz atau memiliki lebar pita 69,9 MHz (2,85%). Sementara itu hasil simulasi *gain* pada elemen tunggal menunjukkan nilai sebesar 3,224 dB. Langkah selanjutnya setelah merancang antenna mikrostrip elemen tunggal adalah menambahkan 2 elemen *parasitic* yang masing-masing terdiri dari substrat dan *patch*. Lapisan *parasitic* ini terdiri dari *patch* yang ukuran panjang dan lebarnya sama dengan *patch* antenna utama, tetapi dengan konfigurasi 2×2 masing-masing pada *layer* kedua dan ketiga. Rancangan antenna *multilayer parasitic* ditunjukkan pada Gambar 2

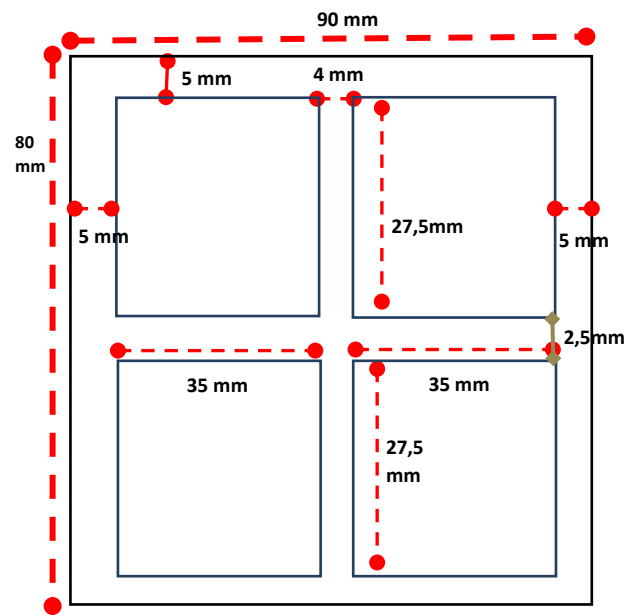


Gambar 1. Bentuk rancangan elemen tunggal



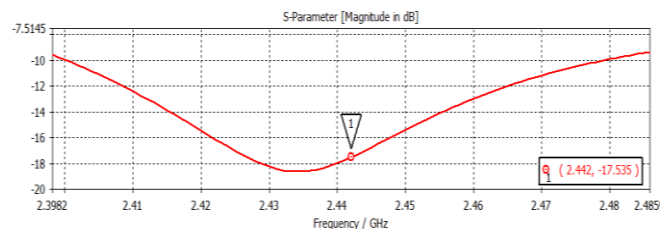
Gambar 2. Rancangan antenna patch persegi panjang multilayer parasitic

Untuk mendapatkan nilai parameter sesuai spesifikasi yang diinginkan dan nilai gain yang optimal dilakukan optimasi rancangan pada software. Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah ukuran-ukuran tertentu pada rancangan antenna multilayer parasitic, lalu dari simulasi software dapat dipilih ukuran yang menghasilkan nilai parameter kinerja antenna yang optimal. Secara berturut-turut ukuran yang divariasikan adalah panjang dan lebar substrat semua layer, jarak pemisah (air gap) antar layer, jarak antar panjang patch dan jarak antar lebar patch persegi panjang pada layer kedua dan ketiga. Ukuran substrat yang menghasilkan nilai sesuai spesifikasi dan menghasilkan nilai gain terbaik adalah 80×90 mm, jarak pemisah antar layer 15 mm, dan jarak antar patch dalam setiap layer parasitik ditunjukkan pada Gambar 3.

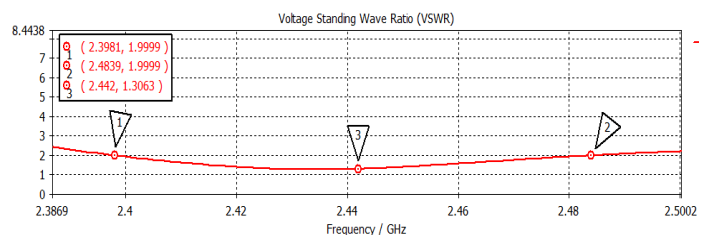


Gambar 3. Rancangan dimensi layer kedua dan ketiga antenna patch persegi panjang multilayer parasitic

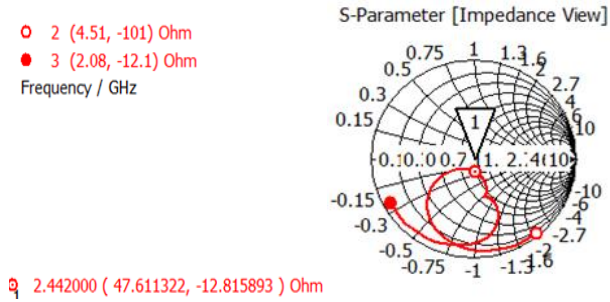
Rancangan dimensi antenna multilayer parasitic secara keseluruhan disimulasikan untuk mendapatkan parameter kinerja antenna. Gambar 4 menunjukkan return loss hasil simulasi sebesar -17,535 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic sebesar 1,3063 (titik 3) pada frekuensi 2,442 GHz. Dapat juga ditunjukkan nilai bandwidth antenna berada pada rentang 2,3981 GHz (titik 1) sampai dengan 2,4839 GHz (titik 2), sehingga bandwidth yang diperoleh adalah 85,8 MHz atau 3,52%. Pada Gambar 6 menunjukkan nilai impedansi antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic sebesar 47,61-j12,81 Ω.



Gambar 4. Hasil simulasi return loss antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic



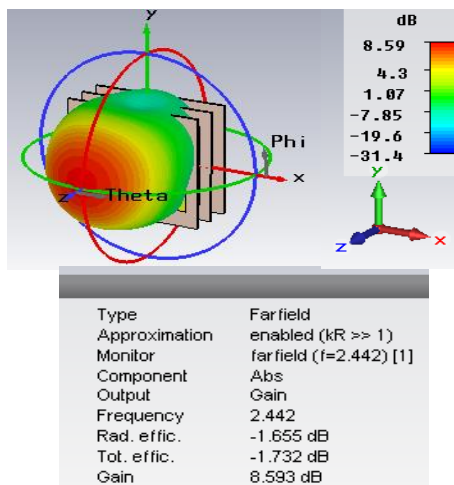
Gambar 5. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic



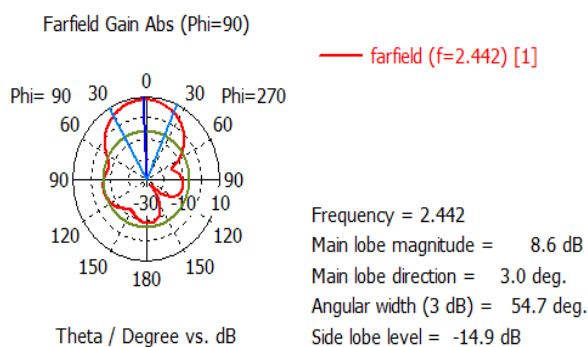
Gambar 6. Hasil simulasi Impedansi antenna mikrostrip patch persegi panjang *multilayer parasitic*

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi *gain* pada mikrostrip patch persegi panjang *multilayer parasitic* sebesar 8,593 dB. Dari hasil simulasi ini dapat diketahui bahwa *gain* maksimum meningkat dari *gain* elemen tunggal sebesar 3,224 dB menjadi 8,593 dB ketika ditambahkan *multilayer parasitic*. Hal ini menunjukkan simulasi desain antenna *multilayer parasitic* dapat meningkatkan *gain* antenna dari antenna mikrostrip elemen tunggal.

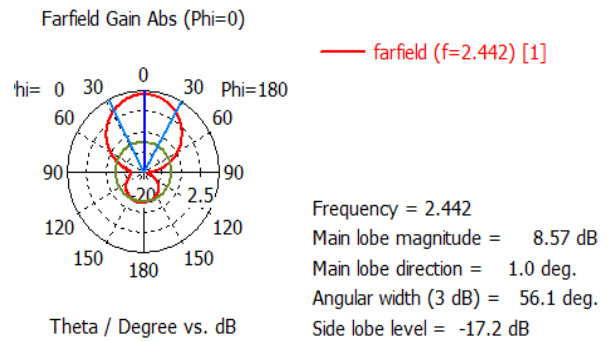
Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi pola radiasi antenna mikrostrip patch persegi panjang *multilayer parasitic* pada sudut elevasi dan Gambar 9 merupakan pola radiasi azimuth. Keduanya memiliki pola radiasi *unidirectional*.



Gambar 7. Hasil simulasi *gain* antenna mikrostrip patch persegi panjang *multilayer parasitic*



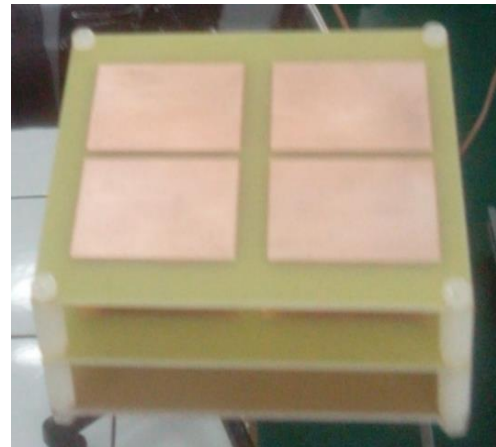
Gambar 8. Hasil simulasi pola radiasi elevasi antenna *multilayer parasitic*



Gambar 9. Hasil simulasi pola radiasi azimuth antenna *multilayer parasiti*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

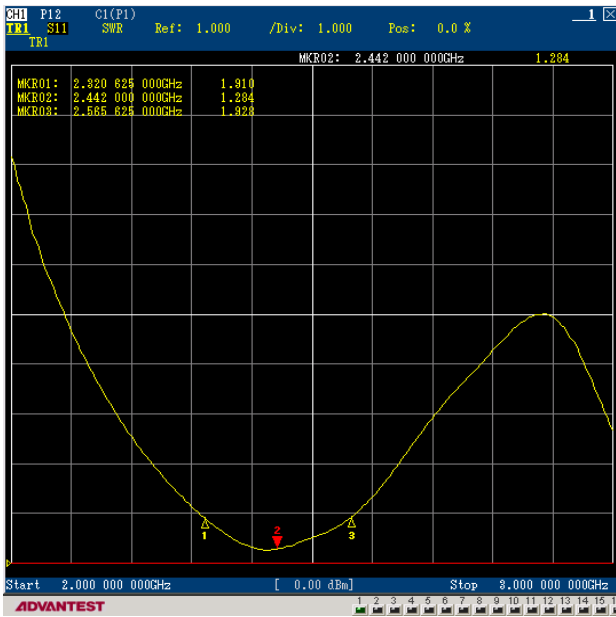
Rancangan antenna hasil simulasi kemudian difabrikasi dengan bahan substrat FR4 Epoxy, sehingga didapatkan bentuk antenna seperti pada Gambar 10 dengan dimensi 90 mm × 90 mm × 34,8 mm.



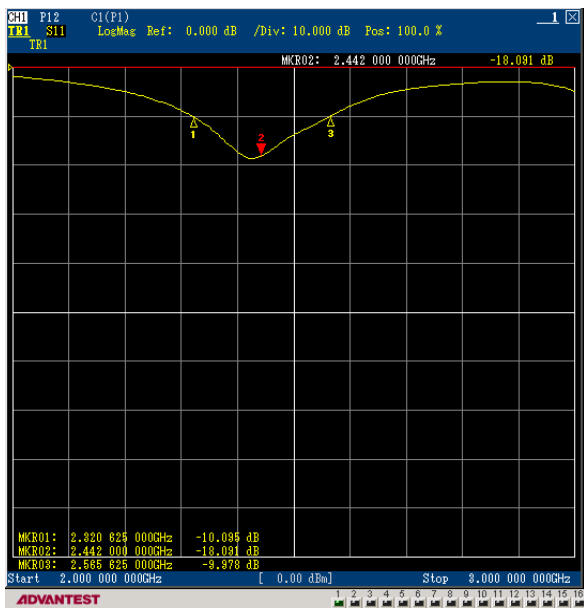
Gambar 10. Bentuk realisasi antenna mikrostrip patch persegi panjang *multilayer parasitic*

Untuk menguji hasil rancangan, dilakukan pengukuran pada antenna yang telah difabrikasi menggunakan *Spectrum Analyzer* dan *Network Analyzer*. Parameter yang diukur adalah VSWR, *return loss*, impedansi antenna, pola radiasi dan *gain*.

Hasil pengukuran antenna *multilayer parasitic* seperti terlihat pada Gambar 11 menunjukkan nilai VSWR dan Gambar 12 menunjukkan nilai *return loss* terbaik masing-masing sebesar 1,284 dan -18,091 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Dapat dilihat bahwa VSWR pada *marker 1* (MKRO1) sebesar 1,910 pada frekuensi 2,32 GHz dan nilai VSWR pada *marker 3* adalah 1,928 pada frekuensi 2,565 GHz, sehingga *bandwidth* pada VSWR ≤ 2 adalah sebesar 245 MHz atau 10%.



Gambar 11. Hasil pengukuran VSWR antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic

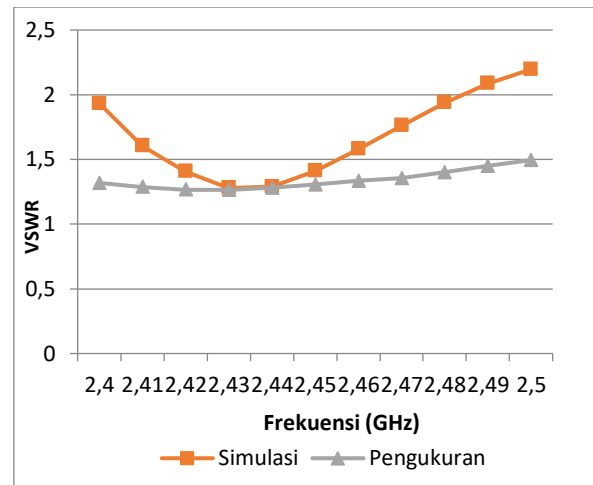


Gambar 12. Hasil pengukuran Return loss antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic

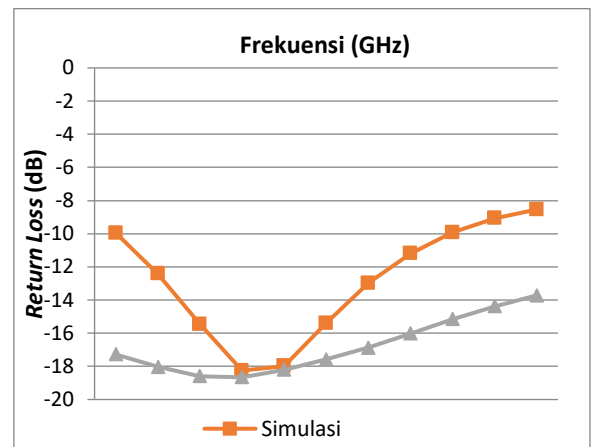
Pengukuran gain antenna menggunakan spectrum analyzer, function generator serta antenna horn sebagai antenna referensi diperoleh nilai gain 9,1 dB. Nilai gain ini lebih baik daripada hasil simulasi.

Untuk memvalidasi hasil pengukuran dapat ditunjukkan perbandingan nilai VSWR dan return loss, seperti ditunjukkan pada Gambar 13 dan Gambar 14, dan juga perbandingan pola radiasi hasil simulasi dan pengukuran pada Gambar 15 dan 16. Grafik nilai VSWR dan return loss menunjukkan nilai terbaik pada frekuensi operasi baik pada hasil simulasi maupun pengukuran. Gambar 15 menunjukkan pola radiasi elevasi dari hasil simulasi dan pengukuran, sedangkan Gambar 16 memperlihatkan pola radiasi azimuth hasil simulasi dan pengukuran antenna

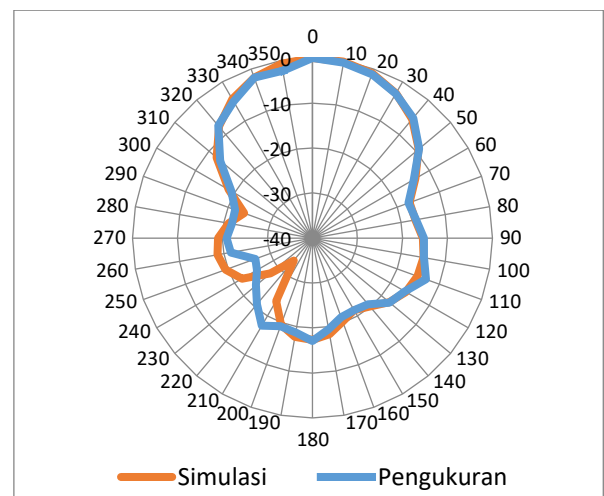
yang telah difabrikasi. Pola radiasi yang dihasilkan pengukuran sudah mendekati hasil simulasi. Pada simulasi maupun pengukuran pola radiasi azimuth dan elevasi memiliki pola unidirectional.



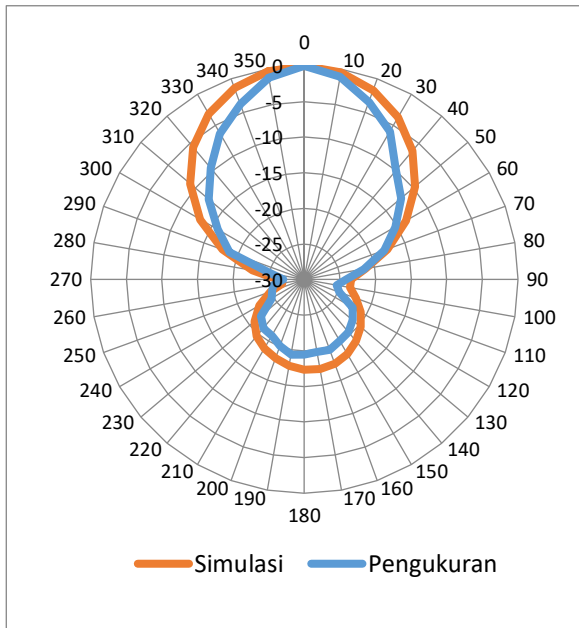
Gambar 13. Nilai VSWR hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic



Gambar 14. Nilai Return loss hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic



Gambar 15. Pola radiasi sudut elevasi hasil simulasi dan pengukuran



Gambar 16. Pola radiasi sudut azimuth hasil simulasi dan pengukuran

Hasil-hasil simulasi maupun pengukuran yang telah dibahas dapat dirangkum pada Tabel 2 yang memperlihatkan perbandingan hasil simulasi antenna mikrostrip elemen tunggal dan hasil simulasi antenna *multilayer parasitic* serta hasil pengukuran antenna *multilayer parasitic* yang telah difabrikasi. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa *gain* maksimum meningkat dari *gain* elemen tunggal sebesar 3,224 dB menjadi 8,593 dB ketika ditambahkan *multilayer parasitic*. Hal ini sejalan dengan hasil simulasi pada [9] yang menunjukkan kenaikan *gain* dari 2,012 dB menjadi 8,656 dB dan simulasi pada [10] yang menghasilkan peningkatan dari 3,85 dB menjadi 8,29 dB dengan penambahan *multilayer parasitic*. Sementara itu jika dilihat kembali pada perancangan antenna mikrostrip pada frekuensi yang sama yaitu pada 2,4 GHz, untuk simulasi perancangan antenna pada [5] hasil simulasi *gain* untuk elemen tunggal sebesar 3,74 dB dan meningkat menjadi 5,72 dB pada *array* dua elemen. Pada hasil simulasi [6] planar *array* 2x2 (4 elemen) menghasilkan *gain* 7,38 dB. Pada hasil simulasi [7], antenna *patch* segiempat tunggal memiliki *gain* 4,023 dB, *array* 2x1 mempunyai *gain* 6,503 dB dan *array* 4x1 memiliki *gain* 8,776 dB. Nilai *gain* untuk *array* 4x1 ini lebih besar daripada hasil simulasi antenna pada makalah ini, tetapi peningkatan jumlah elemen *array* juga meningkatkan jumlah *power divider network* untuk mencatu tiap elemen *array*. Sementara pada perancangan *multilayer* cukup memberikan catuan pada antenna utama saja. Pada simulasi [8], *gain* yang diperoleh *array circular* 4 elemen adalah 5,33 dB.

Pada hasil pengukuran bila dibandingkan dengan hasil dalam [5], yaitu untuk antenna mikrostrip elemen tunggal dan *array* 2 elemen secara berturut-turut adalah 3,9 dB dan 6,67 dB dapat ditunjukkan nilai *gain* yang lebih baik yaitu 9,1 dB untuk *multilayer parasitic*. *Gain* ini juga

lebih besar dibandingkan hasil pengukuran antenna pada [6] yaitu planar *array* 2x2 menghasilkan *gain* 8 dB dan pada [8] diperoleh *gain* 6,21 dB pada antenna *circular* 4 elemen.

Hasil pengukuran antenna dengan *multilayer parasitic* ini juga memperkuat hasil penelitian sebelumnya pada [10] dan [11], yaitu bahwa penambahan *layer parasitic* mampu meningkatkan *gain* dari antenna konvensional yang berupa elemen tunggal. Di sisi lain antenna *multilayer* juga memberikan kesederhanaan dalam hal pencatutan dan dimensi yang tidak melebar.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Hasil Simulasi Antena Elemen Tunggal	Hasil Simulasi Antena <i>Multilayer Parasitic</i>	Hasil Pengukuran Antena <i>Multilayer Parasitic</i>
VSWR	1,1164	1,3063	1,284
Return loss (dB)	-22,293	-17,535	-18,091
<i>Gain</i> (dB)	3,224	8,593	9,1
Bandwidth (MHz)	69,9	85,8	245

Selain pengukuran parameter kinerja antenna, dilakukan juga pengujian tingkat penerimaan daya antenna dengan cara memasang antenna mikrostrip pada *router Wi-Fi* 2,4 GHz dan diukur tingkat daya yang diterima, kemudian dibandingkan dengan hasil daya terima dari antenna *dipole* dari *router* tersebut sama seperti yang telah dilakukan pada [5]. Hasil pengukuran tingkat penerimaan daya ditunjukkan pada Tabel 3.

Jika mengamati data yang diperoleh pada [5], maka selisih tingkat penerimaan daya antara mikrostrip *multilayer parasitic* dengan antenna *router Wi-Fi* akan lebih besar dibandingkan selisih tingkat penerimaan daya antara mikrostrip *array* dua elemen dengan antenna *router Wi-Fi*. Dengan demikian dalam pengujian tingkat penerimaan daya pada *router Wi-Fi* antenna *multilayer parasitic* memberikan hasil lebih baik daripada antenna *array* dua elemen pada [5].

Tabel 3. Hasil pengujian tingkat penerimaan daya antenna pada *router Wi-Fi*

Jarak	Daya terima antenna <i>router</i> (dBm)	Daya terima antenna <i>multilayer parasitic</i> (dBm)
2	-41	-26
3	-47	-30
4	-51	-34
5	-52	-40
6	-53	-42
7	-57	-48

IV. KESIMPULAN

Perancangan dan realisasi antenna mikrostrip persegi panjang dengan metode *multilayer parasitic* telah disajikan. Berdasarkan hasil simulasi, antenna mikrostrip elemen tunggal menghasilkan *gain* sebesar 3,224 dB dan

dengan penambahan metode *multilayer parasitic* meningkat menjadi menjadi 8,593 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Hasil pengukuran realisasi antena mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic* menunjukkan nilai VSWR adalah 1,284, *return loss* sebesar -18,091 dB, dan *gain* sebesar 9,1 dB pada frekuensi 2,442 GHz. *Bandwidth* yang diperoleh pada nilai VSWR ≤ 2 adalah 245 MHz (10%). Pola radiasi *unidirectional* diperoleh dari hasil simulasi dan pengukuran. Antena yang dirancang dapat diaplikasikan pada *router Wi-Fi* dan memberikan tingkat penerimaan daya yang lebih besar daripada antena dipole *router Wi-Fi*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Satya Wacana yang telah mendukung pendanaan penelitian ini dan kepada Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah memberikan sarana pengukuran untuk menguji hasil perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Banerji, R. S. Chowdhury, "On IEEE 802.11: Wireless LAN Technology" International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT), vol. 3, no. 4, 2013
- [2] W. L. Stutzman, and G.A. Thiele, Antenna Theory and Design 3rd edition, John Willey and Sons, USA, 2013
- [3] C.A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, John Willey and Son, USA, 2005.
- [4] P. Pandey, N. Agrawal and A. Agrawal, "A Survey on Performance Techniques for Microstrip Patch Antenna", International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR), vol. 6, no. 1, pp 669-676, January 2019
- [5] E.Y.D. Utami., F.D. Setiaji, D. Pebrianto, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi)". Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 6. no. 3, pp. 196-202, Nov. 2017
- [6] W. Indani, A. H. Rambe, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat dengan Teknik Planar Array untuk Aplikasi Wireless-LAN", Jurnal Singuda Ensikom, vol. 1, no. 2, pp. 47-52, Februari 2013
- [7] L. Kaushal, R. K. Mishra, "Linear Arrays of Rectangular Microstrip Patch Antennas: Analysis & Performance Assessment", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET), vol. 5, no. 4, pp. 180-188, August 2015
- [8] E. A. Dahlan, D. Fadila K, R. Tawakal, "Rancang bangun antena mikrostrip circular array four element 2,4 GHz dengan pola radiasi bidirectional", Jurnal EECCIS vol. 2, no. 1, pp. 44-49, Juni 2008
- [9] R. Abdullah, M.T. Ali., N. Ismail, S. Omar, N. N. S. N. Dzulkfli, "Multilayer parasitic microstrip antenna array for WiMAX application", IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE), Melaka, Malaysia, 11-13 December 2012
- [10] A. B. Santiko, K. Paramayudha, Y. Wahyu, Sumartono, H. Wijanto, "Design and realization multi layer parasitic for gain enhancement of microstrip patch antenna", International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), Lombok, Indonesia, 28-30 July 2016
- [11] T. Supriyanto dan T. Firmansyah, "Peningkatan Gain Antena Mikrostrip Lingkaran Menggunakan Parasitik Radiator", Jurnal Ilmiah Elite Elektro, vol. 3, no. 1, pp. 1-5, Maret 2012
- [12] F. R. Medina, Edwar, "Perancangan dan Simulasi Multi layer Parasitic Antena Array Mikrostrip 1x2 dengan Patch Persegi untuk Aplikasi 2,45 GHz", Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Jakarta, 17 Oktober 2018
- [13] J.R. James, and P.S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus Ltd. Vol. I and II, 1993