

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

By Eva Yovita Dwi Utami

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⁾

5

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 have been proposed and developed to improve gain of microstrip antenna. In this paper, the design and realization of a microstrip antenna with multilayer parasitic rectangular patch that operates at frequency of 2.4 GHz is presented. Parasitic multilayer method is used to increase antenna gain. The designed antenna consists of a rectangular patch of a single element as the main element on the first layer and the 2x2 configuration of rectangular patches on the second and third layers of 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 in the parasitic multilayer antenna. The antenna 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 x 90 mm x 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 results 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 standard dari generasi pertama sampai dengan menyongsong generasi kelima. Teknologi WLAN juga terus dikembangkan berdasar pada standard

IEEE 802.11b/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 akan 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*.

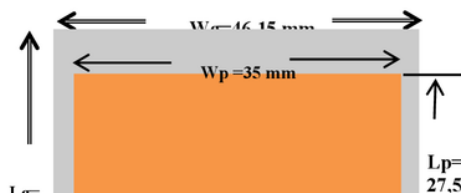
Metode lainnya untuk meningkatkan *gain* adalah dengan *multilayer parasitic*, seperti dilaporkan dalam [9],[10],[11]. Penelitian [9] dan [11] mengemukakan bahwa metode *multilayer parasitic* dapat mengurangi luas dimensi antenna namun tetap menghasilkan *gain* yang besar dan lebih mudah dalam perancangan teknik pencatuannya karena hanya dilakukan pada antenna utama (*layer* pertama) 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. Pada penelitian [10] antenna *multilayer parasitic* didesain pada frekuensi 2,35 GHz dengan hasil pengukuran menunjukkan pola radiasi unidirectional dengan beamwidth azimuth 70° dan *gain* sebesar 4,64 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.

Dalam makalah ini akan dibahas hasil perancangan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang dengan penambahan teknik *multilayer parasitic* untuk meningkatkan *gain* antenna pada frekuensi 2,4 GHz

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 2×2 . Konfigurasi ini mengacu pada [9] dan [10]. Bahan substrat yang digunakan adalah FR4 Epoxy dengan nilai permitivitas relatif 6,65 dan ketebalan 1,6 mm. Antena dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 2,4-2,4835 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 dan memenuhi nilai impedansi $50\ \Omega$. Pada antenna utama digunakan teknik pencatutan *microstrip line feed* dengan *inset fed*. Dalam proses perancangan, digunakan software simulasi CST Microwave Studio.

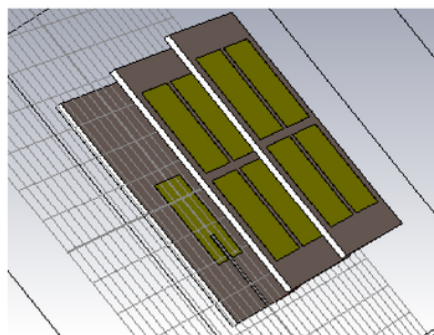
Antena utama berbentuk *patch* persegi panjang. Prosedur perancangan antenna dilakukan seperti prosedur perancangan antenna tunggal *patch* persegi panjang pada [5] berdasarkan persamaan-persamaan matematis dalam [2],[13] untuk mendapatkan dimensi antenna sesuai spesifikasi yang diinginkan. Hasil perhitungan 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.



Gambar 1. Bentuk rancangan elemen tunggal

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, $VSWR$ pada frekuensi 2,442 GHz, 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.

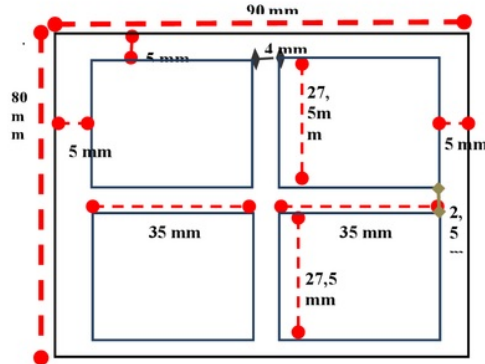
Langkah selanjutnya setelah merancang antenna mikrostrip elemen tunggal adalah menambahkan 2 elemen *parasitic* yang masing-masing terdiri dari substrat dan *patch*. Lapisan *parasitic* ini terdiri dari *patch* yang ukuran panjang dan lebarnya sama dengan *patch* antenna utama, tetapi jumlahnya empat dengan konfigurasi 2×2 masing-masing pada *layer* kedua dan ketiga. Rancangan antenna *multilayer parasitic* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan antenna *patch* persegi panjang *multilayer parasitic*

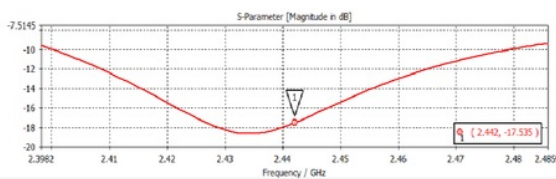
Untuk mendapatkan nilai parameter sesuai spesifikasi yang diinginkan dan nilai *gain* yang optimal dilakukan optimasi rancangan pada software. Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah ukuran-ukuran tertentu pada rancangan antenna *multilayer parasitic*, lalu dari simulasi software dapat dipilih ukuran 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* ditunjukkan pada Gambar 3

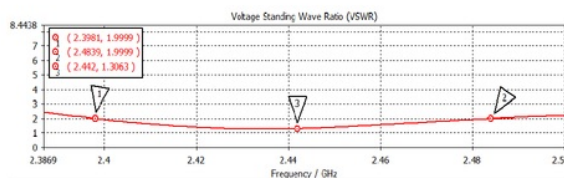


Gambar 3. Rancangan dimensi *layer* kedua dan ketiga antenna *patch* persegi panjang *multilayer parasitic*

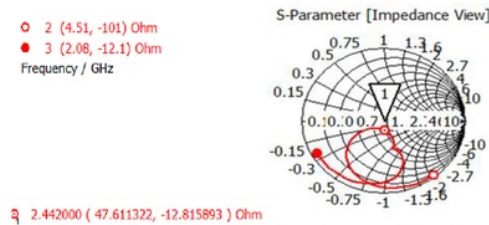
Rancangan dimensi antenna *multilayer parasitic* secara keseluruhan disimulasikan untuk mendapatkan parameter kinerja antenna. Gambar 4 menunjukkan *return loss* hasil simulasi sebesar -17,535 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip *patch* persegi 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*



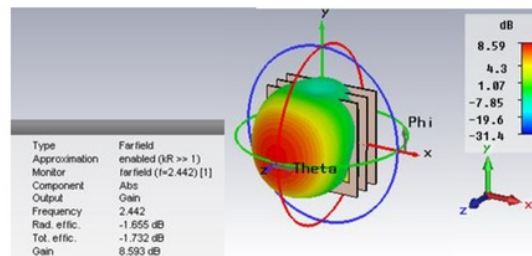
Gambar 5. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic*



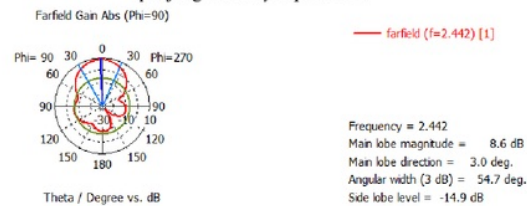
Gambar 6. Hasil simulasi Impedansi antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic*

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi *gain* pada mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic* menghasilkan *gain* 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 unidireksional.



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



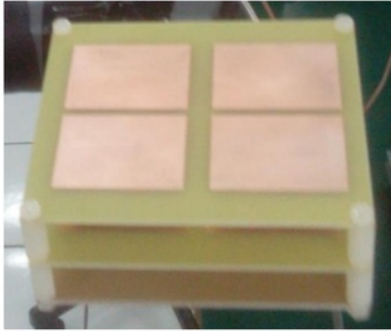
Gambar 8. Hasil simulasi pola radiasi elevasi antenna *multilayer parasitic*



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 80 mm $\times$ 90 mm $\times$ 34,8 mm.



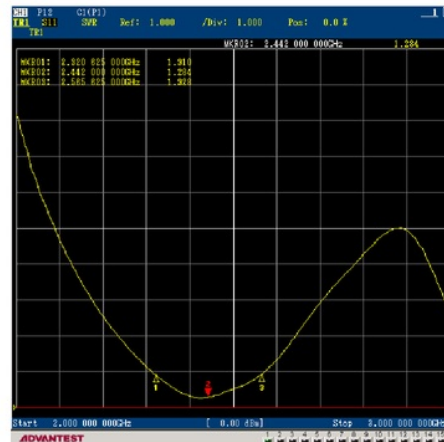
Gambar 10. Bentuk realisasi antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic

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 $VSWR \leq 2$ adalah sebesar 245 MHz atau 10%.

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.

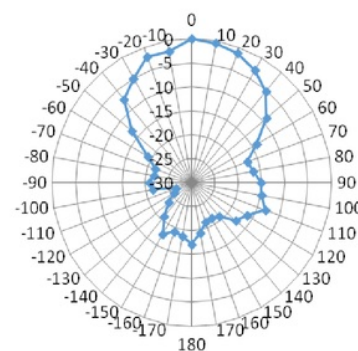
Gambar 13 menunjukkan pengukuran pola radiasi azimuth dan Gambar 14 memperlihatkan pola radiasi elevasi antenna hasil fabrikasi. Pada pengukuran sudut azimuth maupun elevasi diperoleh pola *unidirectional* dengan masing-masing memiliki *half power beamwidth* 34° dan 54°.



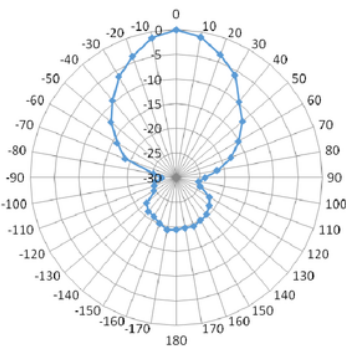
Gambar 11. Hasil pengukuran VSWR antenna mikrostrip patch persegi panjang multilayer parasitic



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



Gambar 13. Hasil pengukuran pola radiasi sudut azimuth



Gambar 14. Hasil pengukuran pola radiasi sudut azimuth

Hasil-hasil simulasi maupun pengukuran yang telah dibahas dapat dirangkum pada Tabel 1 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.

6

Tabel 1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

	Hasil Simulasi Antena Elemen Tunggal	Hasil Simulasi Antena Multilayer Parasitic	Hasil Pengukuran Antena Multilayer Parasitic
VSWR	1,1164	1,3063	1,284
Return loss (dB)	-22,293	-17,535	-18,091
Gain	3,224	8,593	9,1
Bandwidth	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 2.

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 2. P Hasil pengujian tingkat penerimaan daya antenna pada *router Wi-Fi*

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

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, metode *multilayer parasitic* dapat meningkatkan nilai *gain* antenna mikrostrip elemen tunggal dari 3,224 dB menjadi 8,593 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Hasil pengukuran realisasi antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic* menunjukkan nilai VSWR adalah 1,284 dan *return loss* sebesar -18,091 dB pada frekuensi 2,442 GHz. *Bandwidth* antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer*

parasitic pada nilai VSWR ≤ 2 adalah 245 MHz (10%). *Gain* antena mikrostrip *patch* persegi panjang *multilayer parasitic* dari hasil pengukuran adalah 9,1 dB pada frekuensi 2,442 GHz. Antena yang direalisasikan mempunyai dimensi 80 mm $\times$ 90 mm $\times$ 34,8 mm dan memiliki pola radiasi unidirectional. Antena yang dirancang dapat dipalikasi pada *router Wi-Fi* dan memberikan tingkat penerimaan daya yang lebih besar daripada antena dipole *router Wi-Fi*.

2

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 dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 9 [1] S. Banerji, R. S. Chowdhury, "On IEEE 802.11: Wireless LAN Technology" International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT), Vol. 12, no. 4, 2013
- [2] W. L. Stutzman, and G. A. Thiele, Antenna Theory and Design 3rd edition, John Wiley and Sons, USA, 2013
- [3] C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley 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 2015
- [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, 11, 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. 4, 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. Santi, 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

- 2 [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
- 8 [12] F. R. Medina, Edwar, "Perancangan dan Simulasi Multilayer Parasitic Antena Array Mikrostrip 1x2 dengan Patch Persegi untuk Aplikasi 2,45 GHz", Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Jakarta, 17 Oktober 2018
- 15 [13] J.R. James, and P.S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus Ltd. Vol. I and II, 1993

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

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet	55 words — 2%
2	docplayer.info Internet	51 words — 2%
3	Abdelhadi M. Aburgiga, Nafaa M. Shebani, Amer R. Zerek, Abdalnaser F. Kaeib. "Simulation and Analysis of Microstrip Patch Antenna for WLAN Applications", 2019 19th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA), 2019 Crossref	36 words — 1%
4	www.ijert.org Internet	28 words — 1%
5	jnte.ft.unand.ac.id Internet	28 words — 1%
6	media.neliti.com Internet	27 words — 1%
7	Nurista Wahyu Kirana, Sholeh Hadi P., Erni Y.. "Desain dan Implementasi Variasi Dimensi Slot Pada Mikrostrip Double F Menggunakan Metode Finite Difference Time Domain (FDTD)", Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, 2016 Crossref	27 words — 1%
8	jurnal.umj.ac.id Internet	26 words — 1%

9	www.ccsarchive.org Internet	25 words — 1%
10	Arun Kumar. "A microstrip UWB antenna for next generation communication system", International Journal of Wireless and Mobile Computing, 2018 Crossref	23 words — 1%
11	Ashish Kumar, A.P. Singh. "Design of Bulk Micro-Machined Patch Antenna Arrays for Earth Exploration Satellite Services", 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 2019 Crossref	23 words — 1%
12	repositorio.uax.es Internet	20 words — 1%
13	ft.usu.ac.id Internet	19 words — 1%
14	garuda.ristekdikti.go.id Internet	16 words — 1%
15	globaljournals.org Internet	15 words — < 1%
16	Kian Sen Ang. "Converting baluns into broad-band impedance-transforming 180° hybrids", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 8/2002 Crossref	14 words — < 1%
17	laili-hidayati.blogspot.com Internet	10 words — < 1%
18	hal.archives-ouvertes.fr Internet	10 words — < 1%
19	lipi.go.id Internet	10 words — < 1%

20 Wida Lidiawati, Lia Muliani Pratomo, Waslaluiddin -, Jojo Hidayat. "Otomatisasi Lampu, Tirai, dan Kipas Angin Menggunakan Mikrokontroler untuk Menghemat Energi Listrik", Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, 2016 9 words — < 1%
Crossref

21 Yahya Syukri Amrullah, Arief Budi Santiko, Bayu Heri Prabowo, Yuyu Wahyu. "Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Susunan Linier dengan Teknik Pencatutan Proximity Coupled pada Frekuensi 4,3 GHz untuk Radio Altimeter Pesawat", Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, 2016 8 words — < 1%
Crossref

22 fr.scribd.com 8 words — < 1%
Internet

23 resepmenulis.blogspot.com 8 words — < 1%
Internet

24 Leila Yousefi. "<![CDATA[Enhanced Bandwidth Artificial Magnetic Ground Plane for Low-Profile Antennas]]>", Antennas and Wireless Propagation Letters, 2007 8 words — < 1%
Crossref

25 T. Tanaka. "Dielectric nanocomposites with insulating properties", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 10/2005 8 words — < 1%
Crossref

26 Zhifang Li. "Designing broad-band patch antennas using the sequential quadratic programming method", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1997 8 words — < 1%
Crossref

27 Arman Sani, Ali Syah Sukri, Naemah Mubarakah, M. Razali. "Design and Realization of Biquad Microstrip Antenna at 2.4 GHz Frequency for WLAN", 2018 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat), 2018 6 words — < 1%
Crossref

Jamlos, M. A., M. F. Jamlos, Sabira Khatun, and A. H. Ismail. "An optimum quarter-wave impedance matching feedline for circular UWB array antenna with high gain performance", 2014 IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2014.

Crossref

6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF