

Antena Susun Planar dengan Pola Radiasi yang Dapat Direkonfigurasi Berbasis Dioda PIN

Sitia Gamawati Erta Lestari, Achmad Munir

Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung
Bandung, Indonesia

*sitialestari@students.itb.ac.id, munir@ieee.org

Abstrak

Komunikasi data modern, seperti teknologi nirkabel dengan standar IEEE 802.11 b/g/n, menuntut antena untuk memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan yang berubah. Dalam penelitian ini, diusulkan antena yang dapat direkonfigurasi dan terdiri atas delapan *patch* antena yang disusun secara planar melingkar, dicatu menggunakan saluran pancatu mikrostrip berdasarkan teknik *proximity coupling*, dan dicetak di atas substrat dielektrik FR4 yang berdiameter 270 mm. Ukuran setiap *patch* adalah $30 \times 30 \text{ mm}^2$. Dioda PIN diimplementasikan pada ujung lengan saluran pancatu mikrostrip untuk memodifikasi pola radiasi dengan bertindak seperti saklar yang menghubungkan atau memutuskan saluran pancatu ke *groundplane*. *Chip* kapasitor ditempatkan di antara dioda PIN dan sumber gelombang mikro untuk memblokir arus searah yang menuju ke sumber gelombang mikro sedangkan *chip* induktor diletakkan di antara dioda PIN dengan sumber arus searah untuk mencegah arus bolak-balik berjalan ke sumber arus searah tersebut. Ketika dua antena yang saling berseberangan diatur untuk aktif, koefisien refleksi antena tersebut mencapai -23,80 dB pada frekuensi 2,4 GHz. Antena tersebut memiliki bandwidth kerja sebesar 70 MHz dari 2,36 GHz sampai 2,43 GHz dan gain 3,55 dBi.

Kata kunci—rekonfigurasi, dioda PIN, antena susun

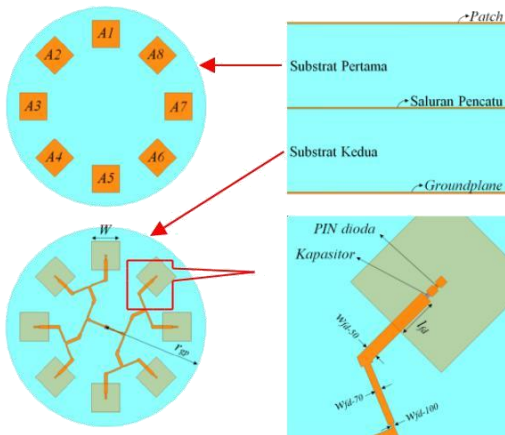
1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi telekomunikasi telah menjadikan komunikasi data menjadi bagian dari kehidupan manusia. Salah satu komunikasi data yang paling sering digunakan adalah teknologi nirkabel dengan standar IEEE 802.11 b/g/n [1]. Teknologi nirkabel memiliki kelebihan yang memungkinkan mobilitas tinggi bagi penggunanya, kemudahan instalasi di area yang sulit dijangkau, dan penghematan biaya dan waktu instalasi [2]. Salah satu teknologi nirkabel yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah teknologi *Wireless Fidelity* (WiFi). Perangkat WiFi membutuhkan antena untuk dapat bekerja dengan baik. Antena mikrostrip adalah jenis antena yang paling populer dalam teknologi nirkabel karena keunggulannya seperti massa ringan dan kemudahan fabrikasi [3] - [4]. Namun, sifat-sifat antena mikrostrip tersebut tidak memadai untuk memenuhi kebutuhan komunikasi baru-baru ini. Salah satu tuntutan komunikasi modern yang tidak bisa dipenuhi oleh antena mikrostrip

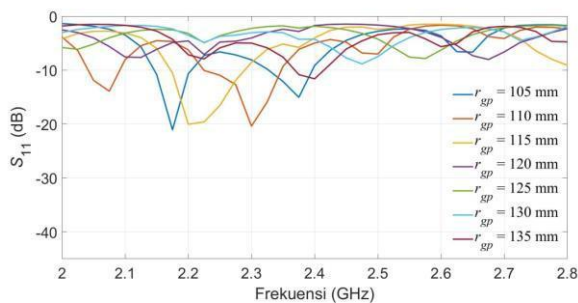
konvensional adalah kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah. Oleh karena itu, para peneliti berusaha untuk membuat antena yang dapat dikonfigurasi ulang meskipun konsep antena yang dapat dikonfigurasi ulang telah ada sejak 1960-an [5].

Parameter antena yang dapat dikonfigurasi ulang adalah frekuensi kerja, bandwidth, polarisasi, dan pola radiasi [6]. Pada [7], sebuah antena yang berukuran $40 \times 12 \times 4 \text{ mm}^3$ diusulkan untuk bisa bekerja secara dinamis di antara empat mode frekuensi yang mencakup LTE700/GSM850/900/1800/1900/ UMTS2100/ LTE2300/2500. Pada [8], sebuah antena dirancang untuk mampu beralih dari antena narrowband ke antena wideband, dan sebaliknya. Sementara itu, terdapat penelitian lain yang mempelajari antena dengan kemampuan untuk mencapai dua polarisasi [9], tiga polarisasi [10], dan empat polarisasi [11]. Antena tidak hanya dapat dirancang untuk mengontrol polarisasi tetapi juga untuk menyesuaikan pola radiasi. Penyesuaian pola radiasi antena tersebut membuat antena bekerja lebih efisien dengan memaksimalkan dan mengarahkan energi utamanya ke arah pengguna yang dituju. Teknik yang paling umum untuk mengonfigurasi ulang pola radiasi adalah dengan mengubah geometri antena menggunakan Dioda PIN atau RF-MEMS. Dioda PIN memiliki kelebihan, diantaranya lebih murah, lebih cepat dalam peralihan (*switch*), dan lebih sederhana dalam proses fabrikasi, sementara RF-MEMS memiliki bandwidth yang lebih luas, isolasi tinggi, insertion loss rendah, konsumsi daya rendah tetapi membutuhkan 20-80 V aktual elektrostatik [12].

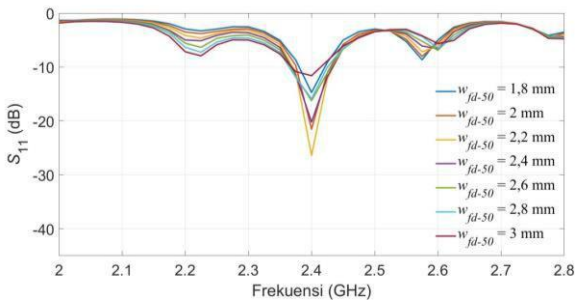
Pada penelitian ini, antena susun planar dengan kemampuan konfigurasi ulang pola radiasi diusulkan untuk aplikasi WiFi. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian [13] yang telah berhasil merekonfigurasi delapan polarisasi dengan menghubingskatkan saluran pancatu yang tidak digunakan ke *groundplane*. Tidak seperti [13], pada penelitian ini teknik pencatutan yang digunakan adalah kombinasi teknik pencatutan *proximity coupling*, *coaxial probe*, dan dioda PIN. Simulasi dilakukan untuk mempelajari efek perubahan parameter sehingga diperoleh hasil optimal.



Gambar 1: Geometri antena yang diusulkan.



Gambar 2: Pengaruh r_{gp} terhadap nilai S_{11} .

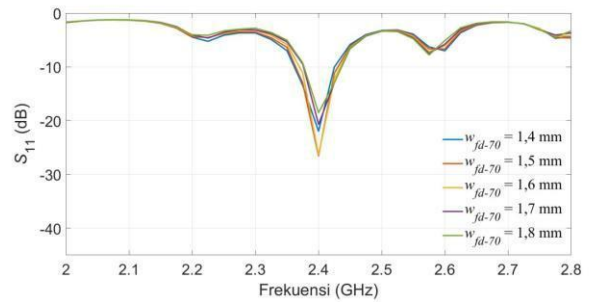


Gambar 3: Pengaruh w_{fd-50} terhadap nilai S_{11} .

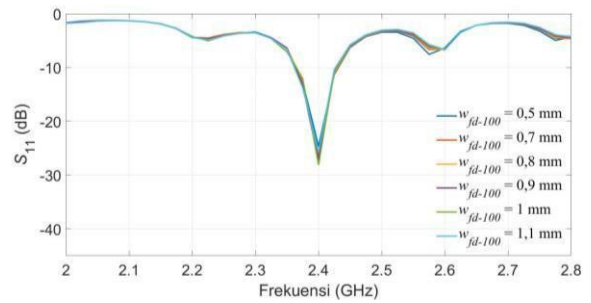
2. Rancangan antena susun planar

Perancangan antena mikrostrip dilakukan dengan simulasi dan beberapa studi parameter untuk mendapatkan hasil yang optimal. Antena ini dirancang agar dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan pola radiasi yang dapat direkonfigurasi sesuai kebutuhan dan *gain* lebih besar dari 2,5 dBi.

Geometri antena yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1. Antena terdiri atas dua lapis substrat dielektrik FR4 (permitivitas relatif = 4,2, rugi-rugi tangen = 0,02, ketebalan masing-masing = 1,6 mm) yang berbentuk lingkaran. Pada sisi atas substrat pertama, delapan antena susun persegi diberi catuan menggunakan saluran mikrostrip berdasarkan teknik *proximity coupling* dan *coaxial probe*. Ukuran setiap antena adalah $30 \times 30 \text{ mm}^2$ yang diperoleh menggunakan persamaan teoritis pada [3] dan [14]. Jarak sudut antar antena yang berdekatan adalah



Gambar 4: Pengaruh w_{fd-70} terhadap nilai S_{11} .

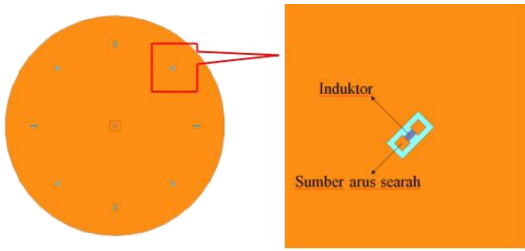


Gambar 5: Pengaruh w_{fd-100} terhadap nilai S_{11} .

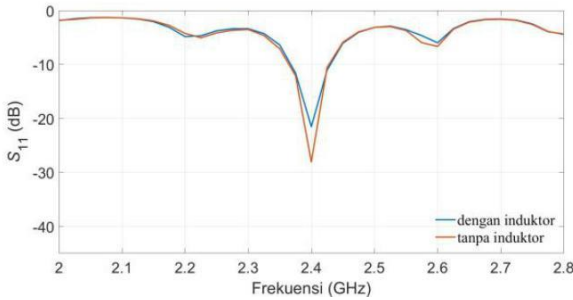
45°. Saluran pencatu mikrostrip dicetak pada sisi atas substrat kedua sementara groundplane (diameter 270 mm) ditempatkan di sisi sebaliknya. Dioda PIN (SMP1345-079LF) diimplementasikan pada ujung lengan saluran pencatu mikrostrip untuk memodifikasi pola radiasi dengan bertindak seperti saklar yang menghubungkan atau memutuskan saluran pencatu ke groundplane. *Chip* kapasitor (100 pF) ditempatkan di antara dioda PIN dan sumber gelombang mikro untuk memblokir arus searah yang menuju ke sumber gelombang mikro sedangkan *chip* induktor (33 μH) diletakkan di antara dioda PIN dengan sumber arus searah untuk mencegah arus bolak-balik berjalan ke sumber arus searah tersebut.

3. Studi parameter

Studi parameter dilakukan melalui simulasi untuk mengetahui efek dari parameter desain (r_{gp} , w_{fd-50} , w_{fd-70} , w_{fd-100}) sehingga diperoleh hasil optimal. Untuk simulasi pertama, dua antena yang saling berseberangan dikondisikan aktif dengan cara mematikan dioda PIN pada dua antena tersebut. Simulasi pertama dilakukan dengan memvariasikan nilai radius *groundplane* (r_{gp}) pada rentang 105 mm – 135 mm dengan interval sebesar 5 mm untuk melihat efeknya pada frekuensi kerja antena. Hasil simulasi pada Gambar 2 menunjukkan bahwa jika nilai r_{gp} semakin besar maka frekuensi kerja antena bergeser ke frekuensi yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan nilai r_{gp} mempengaruhi jarak antar antena yang berseberangan dan panjang saluran pencatunya. Saluran pencatu memiliki karakteristik yang sama dengan *patch* antena. Dalam hal ini, semakin panjang saluran pencatu maka frekuensi kerja antena semakin bergeser ke frekuensi yang lebih kecil. Untuk menghasilkan antena yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, digunakan nilai r_{gp} sebesar 135 mm yang



Gambar 6: Konfigurasi antena dengan induktor.



Gambar 7: Perbandingan nilai S_{11} antara antena dengan induktor dan antena tanpa induktor.

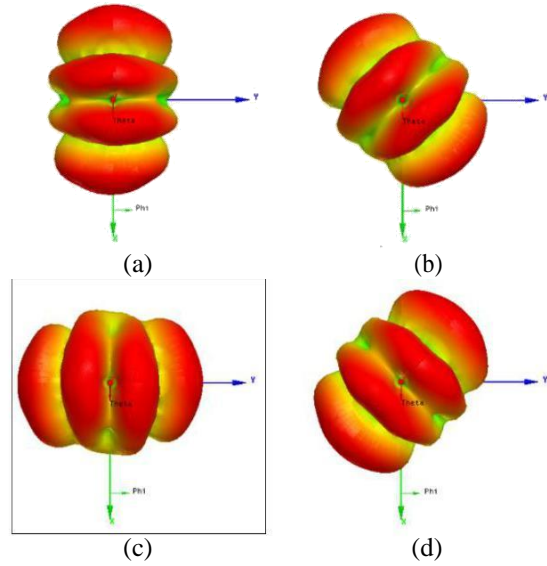
menghasilkan nilai S_{11} sebesar -11,62 dB pada frekuensi 2,4 GHz. Nilai r_{gp} ini kemudian digunakan untuk simulasi studi parameter selanjutnya.

Simulasi selanjutnya dilakukan dengan melihat pengaruh perubahan nilai lebar pencatu. Simulasi kedua, ketiga, dan keempat, menunjukkan bahwa nilai lebar pencatu memiliki pengaruh yang besar pada kesesuaian impedansi antara antena dan sumber. Semakin besar nilai lebar pencatu maka semakin kecil nilai impedansi. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil nilai lebar pencatu maka semakin besar nilai impedansi.

Simulasi kedua dilakukan dengan memvariasikan nilai lebar pencatu 50 ohm (w_{fd-50}) pada rentang 1,8 mm – 3 mm dengan interval sebesar 0,2 mm. Hasil simulasi pada Gambar 3 menunjukkan bahwa jika nilai w_{fd-50} semakin kecil maka nilai S_{11} semakin rendah. Untuk menghasilkan antena yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai S_{11} terbaik, yaitu -26,42 dB, digunakan nilai w_{fd-50} sebesar 2,2 mm. Nilai w_{fd-50} ini kemudian digunakan untuk simulasi studi parameter selanjutnya.

Simulasi ketiga dilakukan dengan memvariasikan nilai lebar pencatu 70,71 ohm (w_{fd-70}) pada rentang 1,4 mm – 1,8 mm dengan interval sebesar 0,1 mm. Hasil simulasi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa jika nilai w_{fd-70} semakin kecil maka nilai S_{11} semakin rendah. Untuk menghasilkan antena yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai S_{11} terbaik, yaitu -26,58 dB, digunakan nilai w_{fd-70} sebesar 1,5 mm. Nilai w_{fd-70} ini kemudian digunakan untuk simulasi studi parameter selanjutnya.

Simulasi keempat dilakukan dengan memvariasikan nilai lebar pencatu 100 ohm (w_{fd-100}) pada rentang 0,5 mm – 1,1 mm dengan interval sebesar 0,2 mm. Hasil simulasi pada Gambar 5 menunjukkan bahwa jika nilai w_{fd-100} semakin besar maka nilai S_{11} semakin rendah yang menandakan bahwa semakin besar nilai w_{fd-100} . Untuk



Gambar 8: Pola radiasi empat mode antena. (a) A1 dan A5. (b) A2 dan A6. (c) A3 dan A7. (d) A4 dan A8.

menghasilkan antena yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan nilai S_{11} terbaik, yaitu -28,08 dB, digunakan nilai w_{fd-100} sebesar 1 mm. Nilai w_{fd-100} ini kemudian digunakan untuk simulasi studi parameter selanjutnya.

Simulasi terakhir dilakukan dengan menambahkan induktor dan garis untuk masukan arus searah pada sisi *groundplane*. Fungsi delapan induktor (33 μ H) adalah untuk mencegah arus bolak-balik berjalan ke sumber arus searah. Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan konfigurasi dan nilai S_{11} untuk antena dengan induktor pada sisi *groundplane*. Nilai S_{11} yang dihasilkan oleh antena dengan induktor pada sisi *groundplane* terlihat lebih besar daripada nilai S_{11} yang dihasilkan oleh antena tanpa induktor pada sisi *groundplane*. Meskipun demikian, antena dengan induktor pada sisi *groundplane* tetap dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 2,4 GHz karena memiliki nilai S_{11} kurang dari -10 dB, yaitu -21,54 dB. Pola radiasi yang dihasilkan oleh antena ini dapat dilihat pada Gambar 8. Rekonfigurasi pola radiasi diperoleh dengan mengaktifkan dua antena yang saling berseberangan sehingga terdapat empat kombinasi pola radiasi yang berbeda. *Gain* yang diperoleh adalah 3,55 dBi.

4. Kesimpulan

Antena susun planar dengan pola radiasi yang dapat direkonfigurasi berbasis dioda PIN telah disimulasikan untuk mengetahui kinerja antena. Antena berbentuk lingkaran berdiameter 270 mm dengan delapan elemen antena susun berbentuk persegi berukuran 30x30 mm². Parameter antena yang diobservasi adalah S_{11} , *gain*, dan pola radiasi dengan nilai masing-masing yaitu -21,54 dB, 3,55 dBi, dan pola radiasi direksional yang dapat direkonfigurasi. Antena ini memiliki delapan dioda PIN yang berfungsi sebagai saklar ON/OFF sehingga antena ini memiliki 2⁸ mode. Akan tetapi, untuk memperoleh pola radiasi yang terarah, hanya empat mode saja yang

digunakan, yaitu mode dimana dua elemen antena yang saling berseberangan dikondisikan aktif sedangkan empat elemen lainnya dikondisikan tidak aktif.

Referensi

- [1] B. Issac, *IEEE 802.11 Wireless Networks: Basic Concepts, Mobility Management and Security*. Saarbrücken, Germany: VDM Verlag, 2009.
- [2] J. Geier, *Wireless LANs*, 2nd ed. Indianapolis, Indiana: SAMS, 2002.
- [3] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston, London: Artech House, Inc., 2001.
- [4] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*. London, United Kingdom: Peter Peregrines, 1989.
- [5] A. Gangi, "The active adaptive antenna array system," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 11, pp. 405-414, July 1963.
- [6] J. T. Bernhard, *Reconfigurable Antennas*. San Rafael, California: Morgan & Claypool, 2007.
- [7] Y.-L. Ban, S.-C. Sun, P.-P. Li, J. L.-W. Li, and K. Kang, "Compact eight-band frequency reconfigurable antenna for LTE/WWAN tablet computer applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 1, pp. 471-475, January 2014.
- [8] JY. Deng, S. Hou, L. Zhao, and LX Guo, "Wideband-to-narrowband tunable monopole antenna with integrated bandpass filters for uwb/wlan applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 2734-2737, August 2017.
- [9] F. Yang and Y. Rahmat-Samii, "A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular polarization diversity," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 12, no. 3, pp. 96-98, March 2002.
- [10] Y. J. Sung, T. U. Jang, and Y. S. Kim, "A reconfigurable microstrip antenna for switchable polarization diversity," *IEEE Microwave and Wireless Components Letter*, vol. 14, no. 11, pp. 534-536, November 2004.
- [11] P.-L. Chi and E. Deng, "Switchable quadri-polarization slot antenna using a single feed port," in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, San Diego, July 2017.
- [12] S. S. Phadte, "Reconfigurable antenna methodologies and switch technologies: a review," *International Journal of Innovative Research and Development*, vol. 5, no. 2, pp. 308-313, January 2016.
- [13] M. R. Effendi, S. G. E. Lestari, F. Kurniawan, and A. Munir, "Proximity coupled patch array antenna with switchable polarization for WLAN application," *Progress In Electromagnetics Research Symposium*, August 2018.
- [14] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 3rd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2005