

Implementasi Ground Plane Berstruktur Periodik untuk Memperlebar Bandwidth pada Antena Rectangular Patch

Eko Setijadi¹, Puji Handayani², Prima Dian Permatasari³

Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

ekoset@ee.its.ac.id¹, puji@ee.its.ac.id², primadianp@ee.its.ac.id³

Abstract—Antena *rectangular patch* merupakan salah satu tipe antena mikrostrip yang sederhana dan banyak digunakan dalam aplikasi sistem telekomunikasi. Kelebihan dari antena tipe ini adalah *low profile* (sederhana, kompak, ringan, dan mudah difabrikasi). Akan tetapi kelemahannya adalah yang sempit dan gain yang kecil. Sedangkan tuntutan untuk sistem komunikasi digital dan radar semakin kini semakin menuntut antena yang mempunyai kemampuan *wideband*. Dalam penelitian ini berfokus pada usaha memperlebar *bandwidth* pada antena *rectangular patch*. *Ground plane* yang didesain berstruktur periodik yang diimplementasikan pada antena *rectangular patch* merubah sifat kelistrikan dari *substrate*. Simulasi dan pengukuran dilakukan pada antena tanpa dan dengan *ground plane* berstruktur periodik. Pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa ada pelebaran *bandwidth* sampai 6 kali.

Keywords—Antena *microstrip*; Antena *rectangular patch*; pelebaran *bandwidth*; struktur periodik.

IV. PENDAHULUAN

Antena *microstrip* dengan polarisasi linier seperti antena tipe *rectangular patch* (RP) sudah umum diketahui bahwa antena memiliki kelebihan yaitu dimensi yang kecil, harga yang murah dan mudahnya pembuatan, sering dikenal kategori *low profile antena* [1,2]. Selain kelebihan yang dijanjikan, antena ini juga mempunyai kekurangan yang antara lain adalah *bandwidth* (BW) yang sempit, gain yang kecil, dan efisiensinya yang rendah. Dalam sistem komunikasi digital dan radar masalah paling utama adalah lebar BW dari antena. BW yang sempit menjadi masalah yang serius pada antena RP jika diaplikasikan untuk kebutuhan sistem komunikasi digital dan radar. Pada sistem komunikasi digital semakin tuntutan penggunaan BW yang lebar berkaitan dengan kebutuhan komunikasi dengan kecepatan tinggi untuk melayani transfer data yang menuntut volume yang semakin besar [3,4]. Banyak diskusi dikalangan peneliti berkaitan dengan usaha memperlebar BW pada antena tipe ini, sehingga didapatkan antena yang *low profile* dan *wideband*.

Ada salah satu teknik yang populer digunakan oleh para peneliti untuk memperlebar BW antena seperti, *L-shaped probe* dengan matching impedansi [5]. Tetapi struktur itu membutuhkan antena yang dengan dimensi yang cukup besar dan tambahan matching impedansinya membuat sulit untuk

digunakan dan diimplementasikan pada antena RP. Teknik lain juga diusulkan oleh para peneliti yaitu menggunakan konfigurasi planar yang bisa meningkatkan lebar BW sampai 25% [6]. Tetapi teknik ini masih belum memuaskan dalam hal kemampuan memperlebar BW, selain itu hasil fisiknya mempunyai ukuran dimensi yang masih tergolong belum kompak, dan memberikan banyak kemungkinan timbulnya variasi radiasi yang muncul karena strukturnya. Teknik yang dikenalkan pada laporan ini adalah teknik struktur periodik yang juga sering digunakan dalam membangun materialmeta (*metamaterial*).

Berangkat dari kebutuhan antena yang *low profile* tetapi mempunyai kemampuan *wideband* untuk dalam rangka menjawab tantangan teknologi sistem komunikasi digital dan radar masa kini dan masa mendatang, maka penting penelitian ini dilakukan. Implementasi *ground plane* (GP) berstruktur periodik dalam rangka untuk meningkatkan lebar BW pada antena RP akan dilaporkan pada makalah ini.

Pada laporan penelitian ini akan dideskripsikan desain antena *rectangular patch* yang ditambahkan satu lapisan GP berstruktur periodik untuk mencapai tujuan memperlebar BW antena. Pada seksi II menjelaskan bagaimana menentukan dimensi dari rencana antena RP yang akan diuji sebelum ditambahkan teknik baru. Seksi III memberikan deskripsi struktur periodik dan dimensinya, pada seksi IV lebih jauh menjelaskan implementasi GP berstruktur periodik pada antena RP dan hasil simulasi dan pengukurannya. Pada akhirnya seksi V kesimpulan ditarik dari analisis hasil simulasi dan pengukuran untuk antena RP dengan dan tanpa GP berstruktur periodik.

V. ANTENA RECTANGULER PATCH

Parameter fisik atau mekanis yang penting untuk diperhatikan dalam mendesain antena RP adalah sifat kelistrikan material yaitu konstanta dielektrik dari *substrate* yang digunakan. Ada beberapa bahan yang telah dikembangkan oleh industri *substrate* untuk kebutuhan membangun antena *microstrip*. Salah satu dari berbagai macam *substrate* yang dipilih dalam eksperimen yang dilaporkan ini adalah FR4 *epoxy*. Parameter lain adalah ketebalan *substrate*, lebar dan panjang *patch* dari antena, dan ukuran saluran

pencatunya (*feed line*) [1,5,6,7]. Untuk menentukan dimensi lebar antenna dapat digunakan persamaan berikut:

$$W = \frac{\lambda_0}{2} \sqrt{\left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)} \quad (1)$$

dimana W , λ_0 , dan ϵ_r adalah lebar *patch* antenna, panjang gelombang, dan permitivitas relatif dari *substrate*. Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* antenna digunakan persamaan

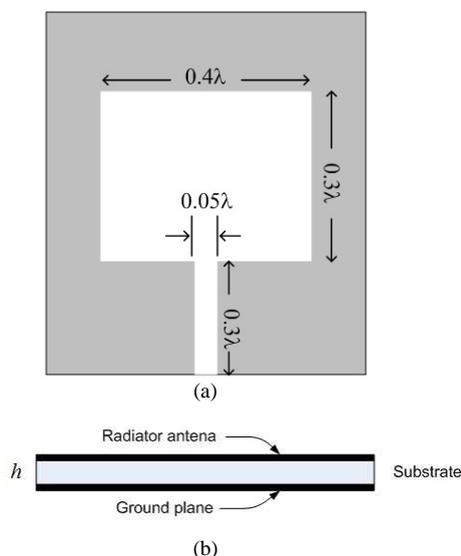
$$L = \frac{\lambda_0}{2} \sqrt{\epsilon_r \text{eff}} \quad (2)$$

dimana L dan $\epsilon_r \text{eff}$ adalah panjang *patch* antenna dan permitivitas relatif efektif dari *substrate* yang didefinisikan sebagai

$$\epsilon_r \text{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}} \quad (3)$$

dimana h adalah ketebalan dari *substrate* yang dipilih untuk membangun antenna RP. Pada persamaan ini menunjukkan bahwa dimensi antenna RP sangat tergantung dengan frekuensi yang digunakan karena faktor yang penting dalam persamaan (1) dan (2) adalah setengah panjang gelombang. Sedangkan permitivitas relative efektif pada persamaan (3) tergantung dari perbandingan antara tebalnya *substrate* dan panjang *patch* antenna.

Pada penelitian ini dipilih frekuensi 6.2 MHz frekuensi atau pada $\lambda_0 = 48$ mm untuk eksperimen. *Substrate* yang dipilih adalah FR4 (*epoxy*) dengan permitivitas $\epsilon_r = 4.3$ dengan ketebalan $h = 1.6$ mm seperti spesifikasi yang ditunjukkan di Tabel 1. Sedangkan lebar dari *feed line* untuk pencatuan antenna RP ditentukan dengan lebar 0.05λ dan panjang 0.3λ . Untuk lebar dan panjang GP ditentukan sebesar satu kali λ . Dengan menggunakan persamaan (1) – (3) didapatkan parameter fisik dimensi antenna seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Semua dimensi pada laporan ini dinormalisasi dengan panjang gelombang untuk tujuan generalisasi.



Gambar 1. Dimensi antenna rectangular patch berbanding dengan panjang gelombang frekuensi kerja, (a) tampak atas, (b) tampak sisi samping.

Setelah dimensi sudah ditentukan untuk mendapatkan antenna RP yang bekerja pada frekuensi yang direncanakan, maka sudah siap untuk dilakukan fabrikasi dan dilakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan performa antenna RP yang sesuai dengan yang direncanakan dan hasil simulasinya yaitu: bekerja pada frekuensi tengah 6200 MHz atau lebih sederhana bisa disebut 6,2 GHz.

Tabel 1. Spesifikasi Substrate FR4 epoxy

Parameter	Besaran
Permitivitas (ϵ_r)	4.3
Tebal (h)	1.6 mm

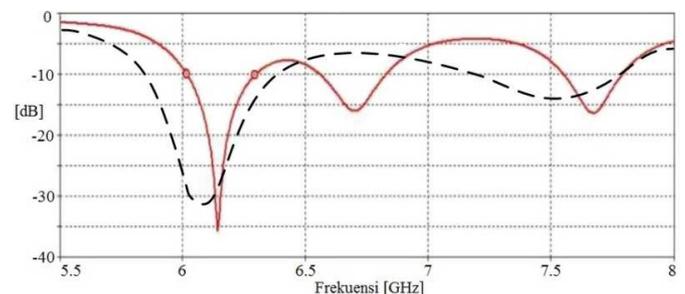
Tabel 2. Parameter fisik antenna RP untuk frekuensi 6.2 GHz

Parameter	Besaran
Lebar <i>patch</i> (W)	0.4λ
Panjang <i>patch</i> (L)	0.3λ
Lebar <i>feed line</i> (W_0)	0.05λ
Panjang <i>feed line</i> (L_0)	0.3λ
Lebar GP	λ
Panjang GP	λ

Simulasi dilakukan dengan masukan parameter-parameter dimensi dan sifat bahan yang sudah ditentukan seperti pada Gambar 1 dan Tabel 1 dan 2. Pada hasil simulai besar W dapat dikenali dengan melihat grafik parameter S-11 (*return loss*). Parameter S-11 yang memberikan nilai lebih kecil dari -10 dB mempunyai arti bahwa grafik juga menunjukkan nilai VSWR (*voltage standing wave ratio*) lebih kecil dari 2. Semakin kecil nilai parameter S-11 akan memberikan nilai VSWR yang semakin kecil mendekati nilai minimum 1. Hubungan S-11 dengan VSWR ditunjukkan sebagai berikut

$$VSWR = \frac{S_{11} + 1}{S_{11} - 1} \quad (4)$$

Pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2 bahwa dari hasil simulasi yang dinotasikan dengan garis penuh (*solid line*) menunjukkan bahwa BW yang didapatkan dari antenna yang difabrikasi adalah sebesar 277 MHz. Setelah dilakukan fabrikasi dengan dimensi yang sama dengan simulasi didapatkan dan dilakukan pengukuran menunjukkan hasil yang mirip. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa lebar BW setelah dilakukan fabrikasi adalah 324 MHz seperti ditunjukkan pada Gbr 2 dengan notasi garis putus-putus.

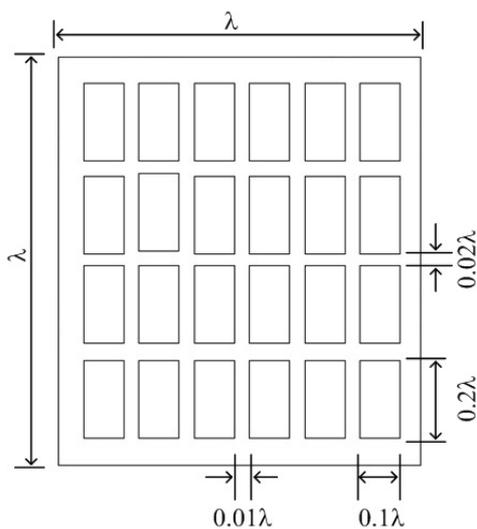


Gambar 2. Parameter S-11 (*return loss*) untuk antenna RP tanpa menggunakan GP berstruktur periodik, hasil simulasi (garis penuh) dan pengukuran (garis putus-putus).

VI. GROUND PLANE BERSTRUKTUR PERIODIK

Struktur periodik sering kali digunakan untuk membangun sebuah materialmeta (*mertamaterial*) dari suatu *substrate*. Materialmeta mempunyai sifat yang tidak ditemukan di alam tetapi bisa dibangun dari material *substrate*. Dengan menggunakan struktur periodik pada bahan *substrate* kita dapat merubah sifat kelistrikan dari *substrate* (permittivitas dan permeabilitas) [8]. Sifat kelistrikan berubah karena sifat kapasitansi dan konduktifitas juga berubah. Bahkan dengan teknik struktur periodik ini dapat membangun material dengan indeks bias negatif yang tidak dapat ditemukan di alam ini.

Pada eksperimen ini ditentukan ukuran dimensi dari struktur periodik GP yang dibangun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 3. Bentuk masing-masing struktur adalah *rectangular* dan disusun secara periodik dalam bentuk matrik 6x6. Ukuran total keseluruhan luas dari susunan struktur periodik ini disesuaikan dengan total ukuran antenna RP konvensional yang sudah disimulasikan dan dibuat yaitu $\lambda \times \lambda$.



Gambar 3. Dimensi dari GP berstruktur periodik

Di sini juga dilakukan generalisasi, semua dimensi yang berkaitan dengan struktur periodik yang dibangun dinormalisasi dengan panjang gelombang λ .

Tabel 3. Parameter fisik dari GP berstruktur periodik

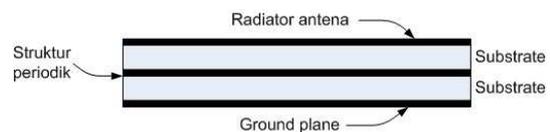
Parameter	Besaran
Lebar struktur	0.1λ
Panjang struktur	0.2λ
Interval horizontal	0.01λ
Interval vertikal	0.02λ
Lebar GP	λ
Panjang GP	λ

GP berstruktur periodik ditujukan untuk dapat merubah sifat kelistrikan dari *substrate* pada desain antenna RP yang dibuat sebelumnya. Dengan merubah sifat kelistrikan menjadi seakan *substrate* menjadi lebih tebal dari ukuran sebelumnya tanpa secara fisik mengganti *substrate* dengan yang lebih tebal.

Cara konvensional akan membuat ukuran antenna menjadi tidak kompak dan tidak ringan..

VII. IPLEMENTASI STRUKTUR PERIODIK PADA RECTANGULER ANTENA

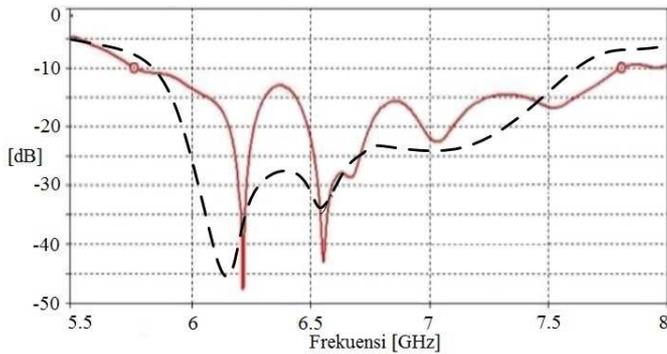
Salah satu teknik konvensional untuk memperlebar BW dari antenna RP adalah dengan mempertebal *substrate* [9]. Tetapi cara ini akan mengagalkan motivasi untuk membuat antenna yang *low profile*. Dengan menyisipkan struktur periodik diantara radiator dan GP dari antenna RP. Arsitektur detail susunan dari implementasi GP berstruktur periodik pada antenna RP seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pertambahan tebal antenna menjadi $2 \times h$. Dengan menyisipkan struktur periodik ini sifat kelistrikan dari *substrate* (permittivitas ϵ_r dan permeabilitas μ_r) antara radiator antenna dan GP menjadi berubah. Perubahan ini menimbulkan efek seakan ketebalan *substrate* menjadi lebih tebal beberapa kali dibandingkan sebelumnya. Perubahan nilai permittivitas dan permeabilitas ini akan merubah nilai kapasitansi dan konduktifitas yang akan berakibat pada perubahan rentang antara batas frekuensi bawah dan batas frekuensi atas dari BW antenna.



Gambar 4. Arsitektur implementasi GP berstruktur periodik pada antenna RP terlihat dari sisi samping

Pada Gambar 5 menunjukkan grafik hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna RP setelah diimplementasikan GP berstruktur periodik. Grafik parameter S-11 pada hasil simulasi menunjukkan adanya pergeseran frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dari BW antenna RP. Batas frekuensi bawah bergeser ke arah frekuensi yang semakin rendah demikian juga batas frekuensi atas juga bergeser ke arah frekuensi yang semakin tinggi. Dengan demikian lebar BW menjadi lebih lebar dibandingkan dengan BW antenna RP sebelum diimplementasikan GP berstruktur periodik. Lebar BW setelah diimplementasikan GP berstruktur periodik adalah 2052 MHz. Ada pelebaran BW sampai 7 kali, seperti ditunjukkan dengan notasi garis penuh sebagai hasil simulasi.

Pengukuran juga dilakukan setelah dilakukan fabrikasi antenna RP dengan sisipan GP berstruktur periodik. Gambar 5 juga menunjukkan grafik hasil pengukuran parameter S-11 ditunjukkan dengan notasi garis putus-putus. Pada hasil pengukuran juga menunjukkan fenomena yang sama dengan hasil simulasi yaitu ada pergeseran pada batas frekuensi bawah dan batas frekuensi atas. Batas frekuensi bawah bergeser ke arah frekuensi yang semakin rendah dan batas frekuensi atas bergeser ke arah frekuensi yang semakin tinggi. Sehingga terjadi pelebaran BW sebesar 1950 MHz setelah fabrikasi dengan implementasi GP berstruktur periodik.



Gambar 5. Parameter S-11 (return loss) untuk antena rectangular patch dengan menggunakan ground plane berstruktur periodik untuk hasil simulasi (garis penuh) dan pengukuran (garis putus-putus).

VIII. KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian untuk mengembangkan teknik untuk memperlebar BW dari antena RP konvensional. Teknik yang diimplementasikan adalah struktur periodik pada GP. Dengan implementasi struktur periodik pada antena RP memberikan peningkatan lebar BW sampai 6 kali dibandingkan tanpa implementasi struktur periodik. Dengan Teknik ini ukuran dimensi antena RP tidak berubah. Motivasi dari antena RP yang *low profile* masih tetap bisa tercapai.

REFERENCES

- [8] Saunders, S. R., "Antena and Propagation for wireless Communication Systems", England: John Wiley & Sons Ltd., 2007.
- [9] Balanis, C. A., "Antena Theory Analysis and Design", 3rd Edition, Canada: John Wiley & Sons, Inc. 2005.
- [10] Kumar, G., "Broadband Microstrip Antenas", Boston: Artech House, 2003.
- [11] Su, H L., dan Ho, Wen-Po., "Compact metamaterial-inspired broadband monopole antenna for WLAN/WiMAX applications", Antenas and Propagation (ISAP), International Symposium on Publication 2012, Page(s): 588 – 591.
- [12] Ziolkowski, R. W. Design, "Fabrication, and Testing of Double Negative Metamaterials," IEEE Transaction on Antenas and Propagation, Vol. 51, No. 7, July 2003.
- [13] Fang, D., "Antena Theory and Microstrip Antenas", United States of America: Taylor and Francis Group, LLC., 2010.
- [14] Garg, R., "Microstrip Antena Design Handbook", Boston: Artech House, 2001.
- [15] Caloz, C., "Electromagnetic Metamaterial: Transmission Line Theory and Microwave Application", New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [16] Stutzman, W. L., "Antena Theory and Design", 3rd Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010