

PERANCANGAN ANTENA *ARRAY 1×2 RECTANGULAR PATCH* DENGAN U-SLOT UNTUK APLIKASI 5G

Kevin Jones A S ¹⁾, Levy Olivia Nur ²⁾, Budi Syihabuddin ³⁾

^{1),2),3)} Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1 Bandung
Email : kevinjonesandrea@gmail.com

Abstrak. Komunikasi 5G mulai dikembangkan untuk meningkatkan kualitas komunikasi, khususnya meningkatkan kualitas dalam area berukuran kecil. Salah satu frekuensi yang akan digunakan adalah 15 GHz. Semakin tinggi frekuensi, panjang gelombang akan semakin kecil sehingga dibutuhkan antena yang mampu mencapai ukuran tersebut, yaitu mikrostrip. Kekurangan dari antena mikrostrip, yaitu bandwidth yang sempit dapat diatasi dengan metode pemberian slot berbentuk U serta metode catuan inset feed. Selain untuk melebarkan bandwidth, inset feed mudah untuk diterapkan pada antena array. Antena mikrostrip dengan patch tersebut kemudian disusun 1×2 guna meningkatkan gain. Sebagai pembagi daya ke masing-masing elemen, digunakan pembagi daya sederhana T-junction. Setelah disimulasikan, hasil yang didapat adalah antena memiliki bandwidth 1,15 GHz dengan rentang frekuensi kerja 14,27 – 15,42 GHz, memenuhi rentang kerja frekuensi pada 15 GHz yaitu 14,4 – 15,4 GHz. Return loss terendah sebesar -20,9094 dB pada frekuensi tengah 14,9 GHz. Pola radiasi mengarah ke satu sumbu menandakan bentuk unidireksional dengan peak gain yang dicapai 9,936 dB. Sedangkan untuk bentuk polarisasi yang didapat adalah linier karena maximum axial ratio yang dicapai sebesar 985,3817.

Kata kunci: 5G, 15 GHz, Antenna Array, U-Slot, Mikrostrip.

1. Pendahuluan

Komunikasi nirkabel terus mengalami pengembangan sampai ke generasi ke-5 (5G), yang menggunakan gelombang frekuensi di atas 6 GHz untuk meningkatkan kemampuan *coverage* suatu *site* [1]. Kanal frekuensi di atas 6 GHz digunakan karena kanal di bawah 6 GHz telah digunakan untuk berbagai fungsi serta frekuensi di atas 6 GHz memberikan *bandwidth* yang lebih besar [1]. Selama masa penelitian 5G, diajukan beberapa frekuensi sebagai frekuensi utama dalam 5G, salah satunya adalah frekuensi 15 GHz [2].

Frekuensi kerja 15 GHz diajukan oleh NTT DoCoMo dan Ericson sebagai salah satu frekuensi dalam rancangan komunikasi 5G [2]. Beberapa keunggulan frekuensi 15 GHz dibandingkan dengan frekuensi lain seperti 38 GHz dan 60 GHz adalah redaman yang disebabkan hujan dan absorpsi udara cenderung lebih kecil [3]. Dalam 5G yang berfrekuensi sangat tinggi, nantinya masalah redaman oleh udara dan hujan akan ditangani menggunakan metode diversitas antena *Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output)* [4].

Dalam makalah ini, akan dirancang antena tunggal yang dapat diterapkan dalam sistem MIMO tersebut, yang nantinya akan digunakan dalam komunikasi 5G. Antena mikrostrip dapat diterapkan pada MIMO karena dimensi yang kecil, namun memiliki kekurangan pada *bandwidth*. Penelitian antena untuk komunikasi di 15 GHz sebelumnya telah dirancang antena *grid* yang memiliki *bandwidth* sesuai dengan lebar frekuensi pada 15 GHz [5], namun memiliki bentuk yang rumit dan dimensi yang lebih besar.

Pada penelitian terkait yang lainnya, antena mikrostrip hanya dengan *rectangular patch* memiliki ukuran yang sederhana namun hanya mampu mencapai *bandwidth* hingga 100 MHz [6]. Untuk meningkatkan *bandwidth*, maka antena yang akan digunakan adalah antena mikrostrip dengan *rectangular patch* yang diberi slot berbentuk U dan disusun 1x2 [7][8].

Pada makalah ini dirancang antenna mikrostrip dengan *patch* berbentuk *rectangular*, yang bekerja pada frekuensi 13,9 GHz dengan pola radiasi unidireksional dan polarisasi linear dan ditambahkan slot berbentuk U.. Antena tersebut kemudian disusun 1×2 untuk meningkatkan *gain*. Dikarenakan adanya pembagian daya, dibutuhkan pembagi daya sederhana berupa T-junction.

2. Pembahasan

2.1. Antena Mikrostrip

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. Salah satu jenis antena yang umum adalah mikrostrip. Antena mikrostrip terdiri *patch* sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik, pada sisi lainnya terdapat *groundplane* dan diantara keduanya terdapat substrat dielektrik. *Groundplane* berfungsi untuk meradiasikan kembali gelombang yang diradiasikan *patch* ke arah yang tidak diinginkan. Substrat berfungsi sebagai tempat catuan dan nantinya menentukan ukuran dari *patch* [9]. Susunan dari antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 1.

Untuk menentukan ukuran-ukuran pada antena mikrostrip secara umum, digunakan beberapa persamaan. Persamaan (1) – (9) digunakan untuk menentukan dimensi dari antena mikrostrip [10].

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

Dimana:

c : kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

f : frekuensi kerja antena yang diinginkan (Hz)

ϵ_r : Dielektrik konstan efektif

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) dirumuskan sebagai berikut [10] :

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

$$L = \frac{1}{2f \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_r}} - 2\Delta L \quad (3)$$

Di mana nilai dari ϵ_{reff} dapat dihitung menggunakan persamaan 4[10].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \right] \quad (4)$$

Dimana:

h : tebal substrat (m)

μ_0 : permeabilitas bahan dielektrik

Untuk catuan ke *patch*, digunakan metode *inset microstrip feed*. Metode *inset feed* mampu memberikan *gain* dan *bandwidth* yang lebih besar dibanding *coaxial feed* [11]. Berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan panjang dan lebar dari *inset feed* [10] :

$$Lf = \frac{\lambda}{\frac{\sqrt{\epsilon_{eff}}}{4}} \quad (5)$$

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

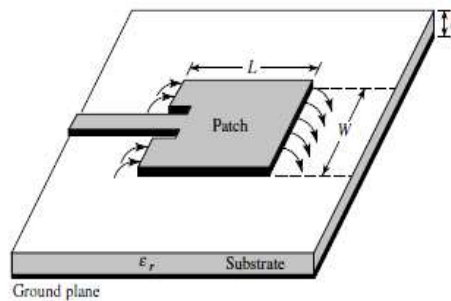
Di mana variabel B dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [10]:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left[\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right] \quad (8)$$

Untuk menghitung lebar dari T -junction cukup digunakan persamaan saluran istimewa berikut [10]:

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip

Spesifikasi dari antenna yang diharapkan dapat dilihat pada Tabel 1. Dapat dilihat bahwa *bandwidth* yang diharapkan sebesar 1 GHz. Untuk melihat jenis polarisasi akan mengacu pada nilai *axial ratio* antenna, di mana bila lebih besar dari 40 maka jenis polarisasi antenna adalah linier.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	14,9 GHz
Rentang Frekuensi	14,4 GHz – 15,4 GHz
Return Loss	≤ -15 dB
Polarisasi	Linier
Gain	≥ 9 dB
Pola Radiasi	Unidireksional

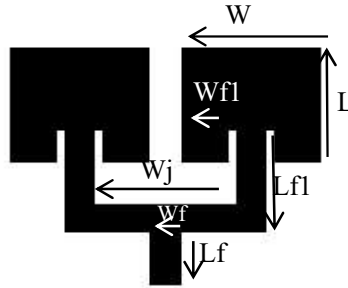
2.2. Perancangan Antena

Setelah masing-masing ukuran dihitung menggunakan persamaan (1) – (9), antenna dirancang dan disimulasikan menggunakan *software*. Hasil perancangan disimulasikan dan dilihat parameter

kerjanya seperti yang telah tertera pada Tabel 1. Apabila belum mencapai hasil yang diinginkan , dilakukan optimasi ukuran antenna.

Bahan yang digunakan dalam antenna mikrostrip ini adalah tembaga pada *patch* dan *groundplane* dengan ketebalan 0,035 mm. Sementara itu, untuk bahan pada substrat digunakan Duroid 5880. Duroid 5880 memiliki permitivitas (ϵ_r) sebesar 2,2 dan tebal yang digunakan adalah 1,575 mm [12].

Simulasi dilakukan sebanyak dua kali, yakni kondisi *patch* tanpa slot dan dengan slot. Hasil simulasi pertama dan perancangannya dapat dilihat di Gambar 2 dan Tabel 2.



Gambar 2. Perancangan Antena Array 1×2 Tanpa Slot

Tabel 2. Dimensi Antena Tanpa Slot

Variabel	Nilai (mm)	Keterangan
L	5,81	Panjang <i>Patch</i>
W	7,96	Lebar <i>Patch</i>
Lf	3,27	Panjang <i>Feeder</i> Utama
Wf	4,89	Lebar <i>Feeder</i> Utama
Lg	17	Panjang <i>Groundplane</i>
Wg	17	Lebar <i>Groundplane</i>
Wjunction	14,57	Lebar <i>Junction</i>
Wf1	1,496	Lebar <i>Feeder</i> Pembagi
Lf1	3,98	Panjang <i>Feeder</i> Pembagi

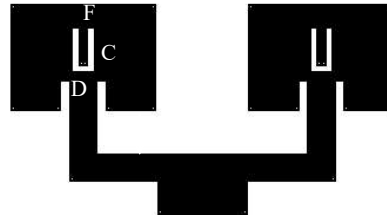
Simulasi yang dilakukan kemudian adalah antenna susun 1×2 dengan adanya slot pada bagian *patch*. Slot bertujuan memberikan pelebaran *bandwidth* dengan meningkatkan kopling induktif dan mengurangi faktor Q antenna [13]. Untuk menentukan lebar dan panjang dari slot pada *patch* dapat digunakan persamaan (10-12) [7] dengan mengacu pada Gambar 3.

$$F = \frac{\lambda}{60} \quad (10)$$

$$\frac{C}{W} \geq 0.3 \quad (11)$$

$$D = \frac{c}{f_{low} \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(L + \Delta L - F) \quad (12)$$

Hasil perhitungan kemudian disimulasikan di *software*. Dengan menghitung ukuran slot menggunakan persamaan (10), (11) dan (12), ukuran slot dapat dilihat pada Tabel 3 dan hasil perancangan pada Gambar. 3.



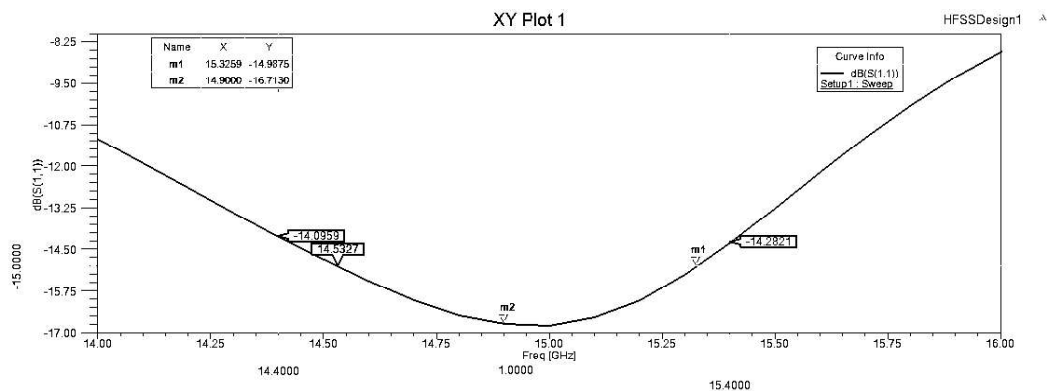
Gambar 3. Perancangan Antena Array 1×2 Dengan Slot

Tabel 3. Dimensi Slot

Variabel	Deskripsi	Nilai (mm)
F	Lebar Slot	0.43
C	Panjang Slot Vertikal	3
D	Panjang Slot Horizontal	1.37

2.3. Analisis

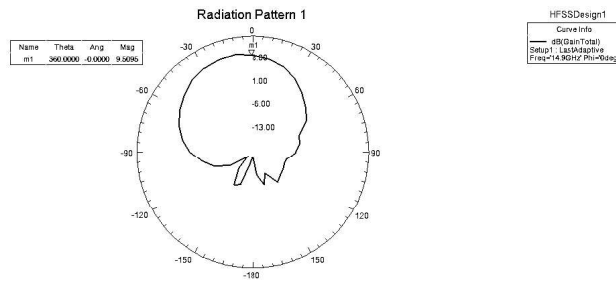
Pada antena pertama yang tidak menggunakan slot pada *patch* didapatkan hasil parameter yang ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Dari kurva pada Gambar 4 didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi tengah 14,9 GHz mencapai nilai -16,7130 dB. Sementara itu pada frekuensi bawah 14,4 GHz didapatkan nilai -14,0959 dB dan pada frekuensi atas 15,4 sebesar -14,2821 dB. Hal ini menandakan pada frekuensi atas dan bawah belum memenuhi nilai yang diharapkan. Nilai *return loss* maksimum -15 dB terdapat di frekuensi 14,5 GHz dan 15,3 GHz.



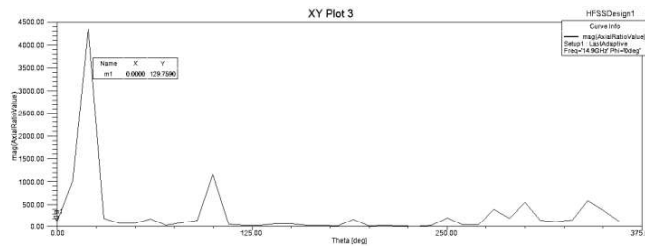
Gambar 4. Return Loss Antena Tanpa Slot

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pola radiasi dari antena tersebut mengarah ke satu arah sehingga dapat didefinisikan sebagai pola radiasi unidireksional. Nilai *maximum peak gain* yang didapat adalah 9,5095 dB sehingga telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Dari Gambar 6 didapatkan nilai *axial ratio* 129,7590. Hal ini menandakan polarisasi dari antena tersebut adalah polarisasi linier di mana polarisasi linier terjadi bila nilai *axial ratio* di atas 40.

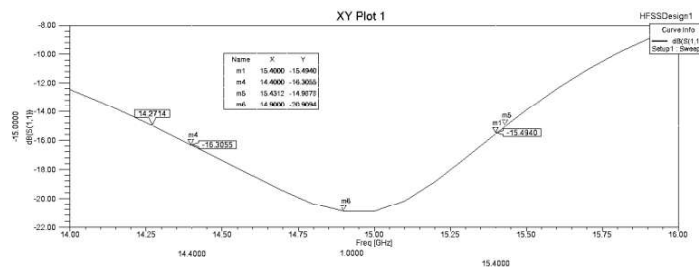
Dari hasil simulasi tersebut, dapat dikatakan bahwa antena *array* 1×2 tanpa slot telah memenuhi kondisi pola radiasi, polarisasi dan gain yang diinginkan. Akan tetapi, *bandwidth* dari antena tersebut belum mencapai 1 GHz sehingga dibutuhkan metode peningkatan *bandwidth*, yaitu menggunakan slot berbentuk U.



Gambar 5. Pola Radiasi Antena Tanpa Slot



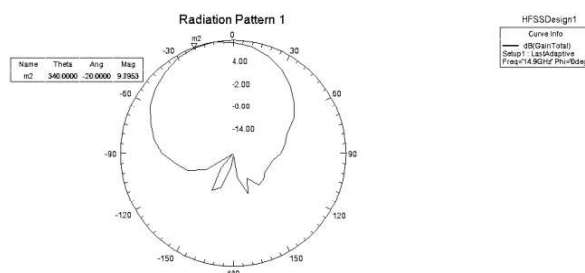
Gambar 6. Axial Ratio Antena Tanpa Slot



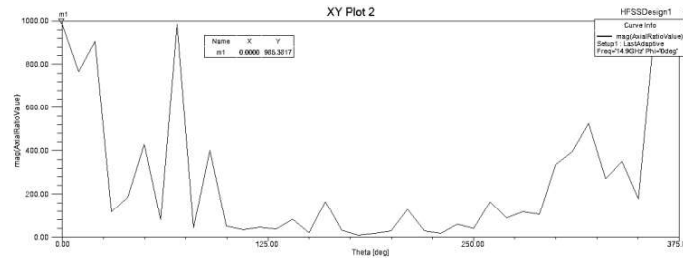
Gambar 7. Return Loss Antena Dengan Slot

Pada simulasi kedua menggunakan antenna U-slot didapatkan hasil parameter yang ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9. Dari kurva pada Gambar 7 didapatkan nilai return loss pada frekuensi tengah 14,9 GHz mencapai nilai -20,9094 dB. Sementara itu pada frekuensi bawah 14,4 GHz didapatkan nilai -16,3055 dB dan pada frekuensi atas 15,4 sebesar -15,4940 dB. Hal ini menandakan pada rentang frekuensi kerja nilai return loss telah memenuhi kondisi yang diinginkan. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan bandwidth dari yang semula 800 MHz (14,5 – 15,3 GHz) menjadi 1200 MHz (14,27 – 15,43 GHz).

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa pola radiasi dari antenna tersebut mengarah ke satu arah sehingga dapat didefinisikan sebagai pola radiasi unidireksional. Nilai *maximum peak gain* yang didapat adalah 9,8953 dB sehingga telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Dari Gambar 6 didapatkan nilai *axial ratio* 985,3817. Hal ini menandakan polarisasi dari antenna tersebut adalah polarisasi linier di mana polarisasi linier terjadi bila nilai *axial ratio* di atas 40.



Gambar 8. Pola Radiasi Antena Dengan Slot



Gambar 9. Axial Ratio Antena Dengan Slot

Dari Tabel 4 dapat dilihat perbandingan nilai antar antenna. *Bandwidth* mengalami kenaikan dari 800 MHz (14,5 – 15,3 GHz) hingga 1200 MHz (14,27 – 15,43 GHz). Nilai *return loss* antenna juga semakin turun hingga -20,9094 dB. Sementara itu pada gain terjadi peningkatan sekitar 0,3 dB. Hal ini menunjukkan dampak kopling pada slot berpengaruh pada nilai *bandwidth* dan *return loss*.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Tanpa Slot dan Dengan Slot

Parameter	Tanpa Slot	Dengan Slot
Bandwidth	800 MHz	1200 MHz
Return Loss	-16,7130 dB	-20,9094 dB
Maximum Peak Gain	9,5095 dB	9,8953 dB
Axial Ratio	129,7950	985,3817

3. Kesimpulan

Pada penelitian ini dirancang antenna yang bekerja pada frekuensi 15 GHz sebagai salah satu frekuensi kandidat 5G. Antena yang dirancang memiliki bentuk *patch rectangular* dengan *slot* berbentuk U dan disusun 1x2. Pada parameter *return loss* dicapai nilai minimum -20,9094 dB. *Maximum peak gain* yang dicapai sebesar 9,8953 dB dengan pola radiasi unidireksional. Polarisasi yang didapat adalah linier dengan *maximum axial ratio* bernilai 985,3817. Pemberian slot berbentuk U berhasil meningkatkan *bandwidth* antenna dari yang semula sekitar 800 MHz menjadi 1200 MHz.

Daftar Pustaka

- [1]. 4G Americas, "5G Spectrum Recommendations" 4G Americas, Amerika Serikat, 2015.
- [2]. Tateishi, Kiichi et al, "Field Field Experiments on 5G Radio Access Using 15-GHz Band in Outdoor Small Cell Environment", IEEE PIMRC, vol. 26, hal 851-855, 2015.
- [3]. Cheng, Wei-Chung, et al, "15GHz Propagation Channel Measurement at a University Campus for the 5G Spectrum", Microwave Conference (APMIC), Dec. 2015.
- [4]. Raffely, J, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4x4 Pada Frekuensi 1.8 GHz Untuk Aplikasi LTE", Universitas Telkom, Bandung, 2016.
- [5]. Sani Yahya, Muhammad dan S.K.A Rahim, "15GHz Grid Array Antenna For 5G Mobile Communications Systems", Microwave And Optical Technology Letters vol. 57, no. 12, hal 2977-2980, Dec. 2016.
- [6]. T. Firmansyah, S. Purnomo, F. Fatonah, T. Nugroho, "Antena Mikrostrip Rectangular Patch 1575,42 MHz dengan Polarisasi Circular untuk Receiver GPS", JNTETI, vol. 4, no. 4, Nov. 2015.
- [7]. P. Daud, I. Syamsu, D. Mahmudin, T.T. Estu, A.A. Fathnan, Y.N. Wijayanto, "Inset Fed U-Slotted Patch Antenna Array for 10 GHz Radio-Over-Fiber Applications", IEEE-ICSE2016, hal. 117 – 120, 2016.
- [8]. P. Daud, S. Hardiati, D. Mahmudin, T.T. Estu, A.A. Fathnan, Y.N. Wijayanto, and N. Armi, "1x2 Array of U-Slotted Rectangular Patch Antennas for High-Speed LTE Mobile

- Networks,"International Conference on Engineering and Technology for Sustainable Development (IECT4SD), Yogyakarta, 11-12 Nov. 2015.
- [9]. I. Singh and V. S. Tripathi, "Microstrip Patch Antenna and its Applications : a Survey," vol. 2, no. 5, hal. 1595–1599, 2011.
 - [10]. C. a. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", 3rd ed. Arizona: A JOHN WILEY & SONS, INC, 2012.
 - [11]. M.Ramesh dan K.B.Yip,"Design Inset Fed Microstrip Patch Antennas",2003,Microwaves and RF."RT/Duroid 5870/5880 data sheet," Rogers Corporation, Chandler, USA.
 - [12]. V.P Patil ,,"Enhancement of Bandwidth of Rectangular Patch Using Two Square Slot Techniques",International Journal of Engineering Sciences and Emerging Technologies ,Oct. 2012.