

Desain dan Analisis Antena UWB Patch Triangular Dengan Penolakan Pita (*Notch Band*)

1st Kartika Praty Dena Zaam
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
pratydena@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Antena UWB adalah salah satu teknologi radio yang banyak digunakan saat ini. Setiap rentang frekuensi tertentu pada UWB memiliki layanan yang beroperasi secara bersamaan, hal tersebut akan memunculkan permasalahan baru yaitu akan terjadi interferensi. Untuk itu antena UWB perlu dimodifikasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang bisa diusulkan adalah dengan melakukan penolakan atau *Notch Band*. Penolakan pita sendiri bisa didapatkan dengan cara menambahkan slot pada antena. Rentang frekuensi penolakan yang diharapkan pada perancangan antena ini menggunakan frekuensi WLAN direntang 5,15-5,85 GHz. perancangan antena UWB yang akan ditambahkan slot pada patch antena yang berfungsi untuk melakukan penolakan pita dan akan menghasilkan frekuensi antena bekerja menjadi dual band. Proses penambahan slot pada patch antena sudah terbukti secara eksperimental menghasilkan penolakan pita pada frekuensi yang diinginkan pada rentang frekuensi WLAN.

Kata kunci— antena monopole, penolakan pita, notch band, triangular patch

I. PENDAHULUAN

Ultra Wideband (UWB) adalah teknologi radio yang dapat digunakan untuk *bandwidth* tinggi untuk komunikasi jarak pendek yang mencakup sebagian besar spektrum radio [1]. Pada antena UWB memiliki beberapa layanan, seperti WiMAX 3,3 to 3,6 GHz dan WLAN pada frekuensi 5,15–5,85 GHz. Karena pada setiap rentang frekuensi tertentu pada layanan UWB memiliki beberapa layanan yang beroperasi secara bersamaan, maka hal ini akan memunculkan sebuah permasalahan yaitu terjadinya interferensi elektromagnetik. Interferensi elektromagnetik menyebabkan obstruksi atau penurunan kinerja pada suatu sistem pada tegangan yang tidak diinginkan pada sirkuitnya. Interferensi terjadi ketika munculnya sinyal dari frekuensi radio yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu penerimaan sinyal yang berasal dari frekuensi yang dipakai secara bersamaan [2]. Interferensi sendiri dapat membuat sinyal yang diinginkan menjadi tumpang tindih, menyebabkan kerugian sinyal, atau dapat mempengaruhi kualitas suara dan gambar [3].

Pada tahun 2021 sudah dilakukan penelitian tentang peningkatan lebar pita dilakukan oleh Harfan dengan menggunakan metode *Triple Notch Band* dengan menggunakan struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG) pada patch/ground. Mengusulkan rancangan antena UWB berbentuk *Monopole Planar Heksagonal* dengan *groundplane* parsial dan mengintegrasikan filter frekuensi

triple notch band pada pita frekuensi 5,15–5,85 GHz (WLAN), 7,1–7,6 GHz (komunikasi *downlink* satelit X-Band), dan pita 12,2–12,7 GHz (komunikasi DBS). Dari percobaan tersebut didapatkan antena UWB yang memiliki lebar pita sampai 13,22 GHz dan tiga buah *notch band*. Lebar pita bisa ditingkatkan dengan menggunakan struktur EBG heksagonal dengan slot ring untuk meningkatkan batas frekuensi atas, dari 10,6 GHz sampai 16,08 GHz. Tiga buah slot telah berhasil diintegrasikan untuk mendapatkan tiga frekuensi penolakan pada pita WLAN, satelit X-Band, dan juga DBS [4]. Tahun 2012 dilakukan perancangan antena oleh Trasma dengan membuat antena mikrostrip segitiga yang diberi penambah slot berbentuk segitiga pada bagian tengah patch. Studi ini membahas perancangan antena mikrostrip segitiga pada frekuensi WiMAX/WLAN, dengan teknik pemberian slot dan sedikit menggeser jalur pencatu, mampu menghasilkan 3 rentang frekuensi di 2,4 GHz, 3,35 GHz, dan 5,8 GHz [5]. Tahun 2018 terdapat penelitian yang menggunakan antena MIMO 4x4 dengan susunan persegi dan sirkular oleh Fajar, dengan menambahkan slot berbentuk T, dengan hasil operasi kerja kedua bentuk patch antena memberikan hasil maksimal untuk masing-masing parameter [6].

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perancang Antena *Monopole UWB* dengan *Patch Triangular* dengan *Notch Band* yang nantinya ditambahkan slot pada bagian tengah patch antenanya, dengan frekuensi WLAN direntang 5,15-5,85 GHz.

II. KAJIAN TEORI

A. Ultra Wideband (UWB)

Desain antena untuk konektivitas multimedia berkecepatan tinggi merupakan aktivitas yang menantang bagi perancang sistem komunikasi *nirkabel*. Pertumbuhan pesat sistem seluler membutuhkan antena *multiband*, pita lebar, dan UWB yang cocok untuk mencakup layanan seluler dan *nirkabel* dan untuk profil rendah untuk mengurangi kompleksitas dan biaya fabrikasi [7]. *Ultra Wideband* (UWB) adalah teknologi radio yang dapat digunakan untuk *bandwidth* tinggi untuk komunikasi jarak pendek tujuan yang mencakup sebagian besar spektrum radio [1]. Teknologi *Ultra Wideband* (UWB) paling dicari untuk sistem komunikasi *nirkabel* dengan kecepatan data sangat tinggi dan jarak pendek, pengkodean untuk keamanan dan kemungkinan

intersepsi yang rendah, penolakan efek multipath, sistem radar modern, dan sebagainya [8].

B. Notch Band

Teknologi nirkabel saat ini membutuhkan sebuah antenna yang bisa beroperasi pada banyak layanan frekuensi sekaligus. Namun, antenna UWB memiliki suatu permasalahan terkait interferensi elektromagnetik. Untuk itu perlu dilakukannya modifikasi pada antenna UWB untuk mengatasi permasalahan tersebut. Solusi yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan penolakan pita atau notch band. Penolakan pita dibuat menggunakan slot di frekuensi WLAN untuk mengurangi masalah interferensi pada aplikasi UWB. Slot berperan sebagai band-pass yang dapat menyaring dan menyebabkan tidak ada respons dari antenna pada pita frekuensi yang ditolak [11].

C. Antena Monopole

Antena *monopole Planar* adalah kandidat terbaik untuk digunakan dalam teknologi nirkabel UWB karena impedansi *bandwidth* yang lebar dan pola radiasi azimut hampir *omnidirectional* [8]. *Monopole* antenna memiliki beberapa keunggulan seperti struktur yang sederhana, *bandwidth* lebar, biaya yang rendah, dan fabrikasi mudah [12]. Struktur antenna *monopole* memiliki tiga bagian yaitu *patch*, *substrat* dan *groundplane*.

D. Parameter Antena

1. VSWR

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum $|V|_{\max}$ dengan minimum $|V|_{\min}$. Untuk mencari nilai VSWR dengan menggunakan rumus [13]:

$$VSWR = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1)$$

2. Bandwidth

Bandwidth dari antenna adalah kemampuan antenna tersebut beroperasi dan bekerja dalam lingkup frekuensi kerja [14]. *Fractional Bandwidth* didefinisikan sebagai rasio sinyal *bandwidth* menuju frekuensi tengah dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [10]:

$$FBW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2)$$

3. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirim. *Return loss* terjadi ketika adanya diskontinuitas antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban. Besarnya *return loss* bervariasi, tergantung pada frekuensi. Nilai *return loss* dapat dihitung menggunakan rumus [13]:

$$Return Loss = 20 \log |\Gamma| \quad (3)$$

4. Pola Radiasi

Pola radiasi antenna didefinisikan sebagai fungsi matematika atau sebuah gambaran grafis dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi dari koordinat [12]. Pola radiasi antenna dibagi menjadi 3 yaitu *Isotropic antenna*, *Directional antenna*, dan *Omnidirectional antenna*.

5. Gain Antena

Gain antenna adalah perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna terhadap intensitas radiasi antenna pembandingan/referensi dengan daya maksimum yang sama dengan faktor efisiensi antenna [14].

6. Patch Triangular Antenna

Pada perancangan pada tugas akhir ini digunakan *patch* yang berbentuk segitiga atau *Printed Triangular Monopole Antenna* (PTMA). *Patch* segitiga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan *patch* persegi panjang dan lingkaran. Kelebihan *patch* segitiga diantaranya seperti *bandwidth* yang dihasilkan *patch* segitiga lebih besar jika dibandingkan dengan *patch* lingkaran dan *patch* persegi panjang hal ini menguntungkan di dalam fabrikasi antenna [11]. Untuk mencari dimensi segitiga dapat menggunakan persamaan berikut [8]:

$$L = \frac{\sqrt{3}T}{2} \quad (4)$$

$$r = \frac{T}{4\pi} \quad (5)$$

$$f_l = \frac{7,2}{\{(L+r+p) \times k\}} \quad (6)$$

Dengan L , r , f_l , dan k berurutan adalah tinggi *patch*, jari-jari efektif antenna dengan ekuivalensi *monopole* silinder, jarak antara *patch* dengan *groundplane*, dan nilai k setara dengan nilai *effective permittivity* dari *monopole* silinder yang efektif.

Untuk mencari dimensi panjang dan lebar *groundplane* dapat menggunakan persamaan berikut [16]:

$$l_g = 6h + w \quad (7)$$

$$W_g = l_f + 2L + 6h \quad (8)$$

E. Pencatutan Microstrip Line

Antena dicatu dan terhubung dengan konektor yang nantinya terhubung langsung ke tepi bidang. Untuk mencari nilai pencatutan menggunakan metode *microstrip line* dapat menggunakan beberapa persamaan berikut [17]:

Untuk menentukan dimensi dan lebar saluran (W_f) pada antenna *monopole* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (9)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (10)$$

Untuk mencari nilai permeabilitas antenna dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-0.5} \quad (11)$$

Untuk mencari panjang gelombang *free space*, panjang gelombang antenna dari frekuensi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda_o = \frac{c}{f_r} \quad (12)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (13)$$

Untuk mencari panjang *feed* antenna (l_f), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$l_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (14)$$

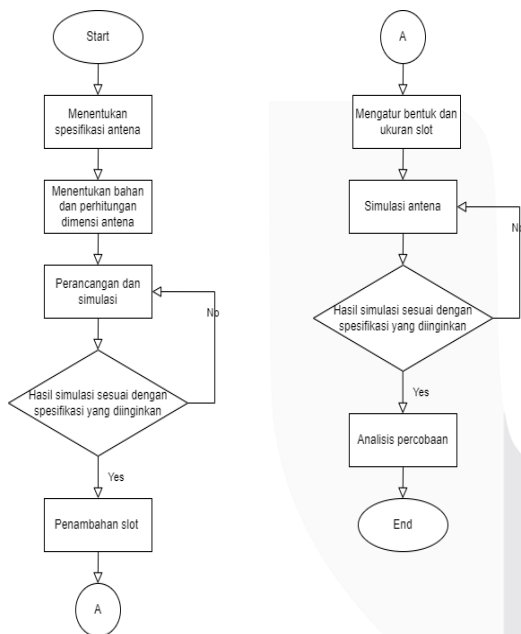
F. Penambahan Slot

Menggunakan perangkat *filter* dapat digunakan untuk mengatasi interferensi, tetapi memiliki kekurangan yaitu membuat sistem menjadi lebih kompleks. Oleh karena itu, agar sistem tidak menjadi lebih kompleks diperlukan metode yang efektif yaitu dengan melakukan penolakan pita (*Notch Band*). Untuk melakukan metode *notch band*, perlu dilakukan penambahan *slot* pada *patch* antenna. Persamaan untuk menentukan panjang *slot* pada *patch* antenna sebagai berikut [4]:

$$f_{notch} = \frac{c}{2 \times L \times k} \text{ GHz} \quad (15)$$

III. METODE

Pada Tugas Akhir ini dirancang desain sistem untuk “Desain Dan Analisis Antena *monopole* UWB *Patch Triangular*”. Alur kerja sistem pembuatan antenna dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



GAMBAR 1
(Desain Alir Sistem)

A. Desain Perangkat Keras

Pada rancangan desain antenna ini, terdapat beberapa spesifikasi yang digunakan untuk mencari dimensi antenna. Spesifikasi antenna dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
(Spesifikasi Awal Antena)

Parameter	Spesifikasi
Jenis Antena	<i>Monopole</i> Antena <i>Patch Triangular</i>
Frekuensi	3,1-7,4 GHz

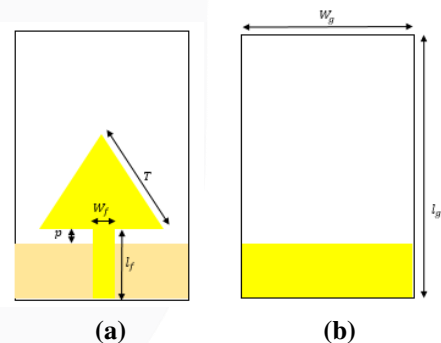
Frekuensi Penolakan	WLAN 802.11 a (5.15-5.85 GHz)
VSWR	≤ 2
Return Loss	< -10 dB
Polarisasi	<i>Omnidirectional</i>
Gain	> 0 dBi
Substrat	FR-4
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4,3
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm

Dari hasil perhitungan dimensi dan pencatutan antenna didapatkan hasil seperti pada Table 2.

TABEL 2
(Hasil Perhitungan *Patch* dan Pencatutan)

Parameter	Spesifikasi (mm)
Sisi <i>patch</i> segitiga (T)	18
Lebar <i>Groundplane</i> (W_g)	27,6
Panjang <i>Groundplane</i> (l_g)	50,6
Lebar <i>feed</i> antenna (W_f)	3,11
Panjang <i>feed</i> antenna (l_f)	10
Outer Radius (c)	10,3
Jarak <i>patch</i> ke <i>Groundplane</i> (p)	3

Dari hasil perhitungan dimensi dan pencatutan antenna didapatkan rancangan antenna dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 1
(Desain Rancangan Awal, (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang)

B. Hasil Akhir Simulasi Desain Awal

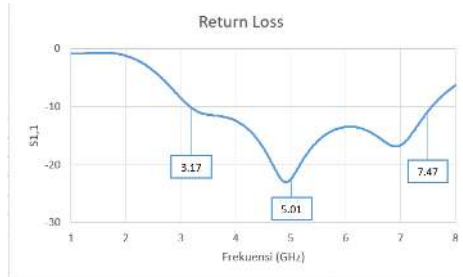
Setelah melakukan proses optimasi beberapa variabel maka variabel yang ingin dipakai harus digabungkan terlebih dahulu sebelum dilakukan simulasi terakhir. Tabel 3 merupakan ukuran akhir dimensi antenna dari proses optimasi.

TABEL 3
(Variabel Yang Dioptimasi)

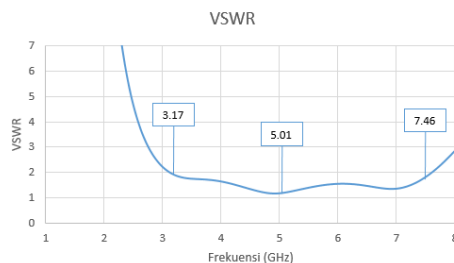
Parameter	Spesifikasi (mm)
Sisi <i>patch</i> segitiga (T)	14,7
Lebar <i>Groundplane</i> (W_g)	35,6
Lebar <i>Feed</i> Antena (W_f)	3,5
Panjang <i>Feed</i> antenna (l_f)	18

Jarak <i>patch</i> ke <i>Groundplane</i> (<i>p</i>)	2,5
---	-----

Dari hasil simulasi dimensi optimasi diperoleh nilai *return loss* dapat dilihat pada Gambar 3. Pada frekuensi 3,1 GHz, 5 GHz, dan 7,4 GHz secara berurutan adalah -10,30 dB, -22,36 dB, dan -11,07 dB. Hasil tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Untuk nilai VSWR yang didapatkan pada simulasi dapat terlihat pada Gambar 4 di mana nilai VSWR pada frekuensi 3,1 GHz, 5 GHz, dan 7,4 GHz secara berurutan adalah 1,91, 1,16, dan 1,75.



GAMBAR 3
(Hasil Akhir *Return Loss* Saat Optimasi)



GAMBAR 4
(Hasil Akhir VSWR Saat Optimasi)

C. Hasil Akhir penambahan Slot

Untuk melakukan metode *notch band*, hal yang harus dilakukan adalah dengan penambahan *slot* pada *patch* antenna. Untuk ukuran setiap panjang *slot* dapat dilihat pada Tabel 4. Persamaan untuk menentukan panjang *slot* pada *patch* antenna menggunakan rumus (15):

$$f_{notch} = \frac{c}{2 \times L \times k} \text{ GHz}$$

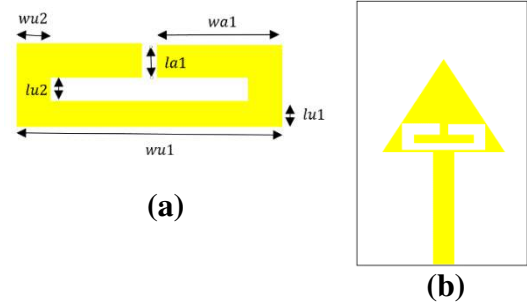
$$(L_{notch}) = 19 \text{ mm}$$

dengan nilai panjang (L_{notch}) *slot* dapat diperoleh menggunakan rumus berikut [4]:

$$L_{notch} = wu1 + (wa1 \times 2) + (lu2 - la1 - lu1) \times 2 \quad (1)$$

TABEL 4
(Parameter Yang Digunakan Pada *Slot*)

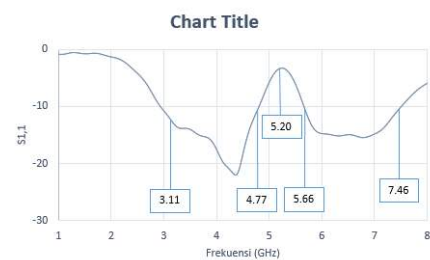
Parameter	Nilai
<i>wu1</i>	8
<i>wu2</i>	1
<i>lu1</i>	1,25
<i>lu2</i>	3,5
<i>wa1</i>	3,75
<i>la1</i>	1,5



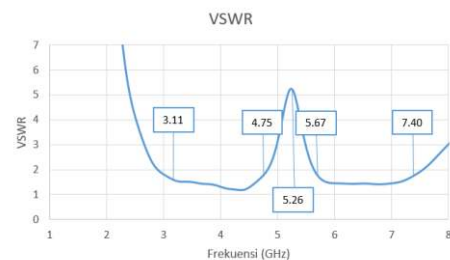
GAMBAR 52
(Penambahan *Slot*, (a) Bentuk *Slot*, (b) Antena Ditambahkan *Slot*)

Dari hasil simulasi optimasi penambahan *slot* pada antenna diperoleh nilai *return loss* dapat dilihat pada Gambar 6. Terdapat 3 lebar pita diantaranya adalah 2 pita frekuensi kerja dan 1 pita penolakan. Lebar pita pada frekuensi rendah dimulai dari rentang 3,1-4,7 GHz dengan nilai sebesar 1,8 GHz. Lebar pita pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 5,6-7,4 GHz dengan nilai 1,8 GHz. Untuk Lebar pita penolakan dimulai dari rentang 4,7-5,6 GHz dengan nilai 900 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi rendah 3,1 GHz dan 4,7 GHz secara berurutan adalah -12,21 dB dan -10,63 dB. Nilai *return loss* pada frekuensi tinggi 5,6 GHz dan 7,4 GHz secara berurutan adalah -10,36 dB dan -10,39 dB.

Untuk nilai VSWR yang didapatkan pada simulasi dapat terlihat pada Gambar 7. Nilai VSWR pada frekuensi rendah 3,1 GHz dan 4,7 GHz secara berurutan adalah 1,58 dan 1,77. Nilai VSWR pada frekuensi tinggi 5,6 GHz dan 7,4 GHz secara berurutan adalah 1,83 dan 1,74. Nilai *bandwidth* setelah ditambahkan *slot* menjadi 84%. Hal ini sudah memenuhi syarat *bandwidth* di rentang UWB. Dimensi *slot* setelah optimasi akan menghasilkan rentang penolakan pita dari rentang 4,7-5,6 GHz yang dapat menolak pada frekuensi WLAN.



GAMBAR 6
(Nilai *Return Loss* Saat Optimasi *Slot*)



GAMBAR 7
(Nilai VSWR Saat Optimasi *Slot*)

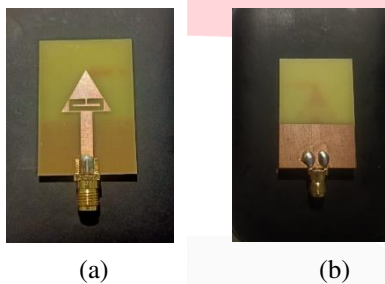
Untuk perbandingan dimensi *slot* dari hasil perhitungan dan optimasi dapat dilihat pada table 5.

TABEL 5
(Perbandingan Parameter Panjang *Slot*)

Karakteristik	Nilai (mm)
Perhitungan Rumus	19
Hasil Optimasi	17

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan percobaan pada aplikasi simulasi, maka antenna bisa difabrikasi atau cetak. Pada Tugas Akhir ini dipilih antenna *Patch Triangular* dengan sisi 14,7 mm, menggunakan substrat FR-4 yang memiliki ketebalan 1,6 mm. Pada bagian satu daya memiliki panjang *insertfeed* 18 mm dan lebar 3,5 mm. Proses pengukuran ini dilakukan di Telkom University Landmark Tower (TULT). Bentuk antenna yang sudah di realisasi terlihat pada Gambar 1.

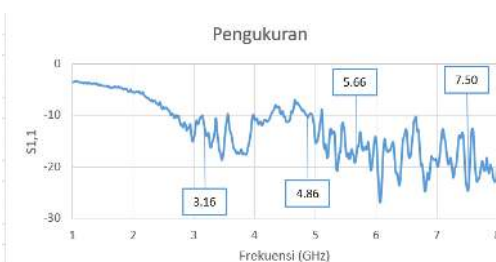


GAMBAR 1
(Realisasi Antena, (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang)

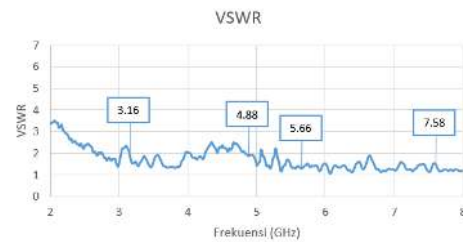
A. Pengukuran *Return Loss* Dan VSWR

Pengukuran dan pengamatan *return loss* dan VSWR dilakukan dengan cara mengamati parameter $S_{1,1}$ yang dapat dilihat pada *software* VNA. Parameter $S_{1,1}$ merupakan koefisien pantul, di mana antenna pengirim dan penerima berada pada port 1. Hasil pengukuran antenna nilai *return loss* dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai *return loss* pada frekuensi rendah dari rentang 3,1-4,8 GHz. Pada frekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -11,39 dB dan -10,04 dB. Lebar pitanya adalah 1,7 GHz. Untuk nilai VSWR dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai VSWR ada frekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz adalah 1,79 dan 1,87.

Nilai *return loss* pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 5,6-7,5 GHz. Pada frekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -18,94 dB dan -24,65 dB. Lebar pitanya adalah 1,9 GHz. Nilai VSWR ada frekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz adalah 1,31 dan 1,55.



GAMBAR 2
(Hasil *Return Loss* Pengukuran)

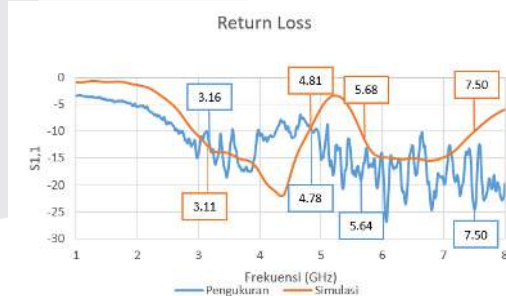


GAMBAR 3
(Hasil VSWR Pengukuran Pada Frekuensi Rendah)

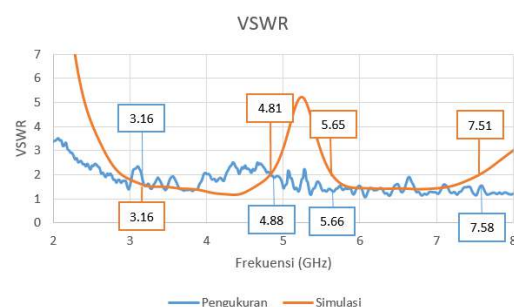
B. Perbandingan Simulasi Dan Pengukuran

Pada Gambar 4 dapat terlihat perbandingan nilai *return loss* antara simulasi dan pengukuran. Pada frekuensi rendah dimulai dari rentang 3,1-4,8 GHz. Pada proses simulasi di frekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -12,21 dB dan -10,40 dB. Untuk proses pengukuran difrekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -11,39 dB dan -10,34 dB. Untuk nilai VSWR dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai VSWR proses simulasi difrekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz secara berurutan adalah 1,58 dan 1,97. Untuk proses pengukuran difrekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz secara berurutan adalah 1,79 dan 1,87.

Pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 5,6-7,5 GHz. Pada proses simulasi difrekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -19,17 dB dan -24,65 dB. Untuk proses pengukuran difrekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -18,94 dB dan -24,65 dB. Nilai VSWR proses simulasi difrekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz secara berurutan adalah 1,31 dan 1,55. Terdapat pergeseran frekuensi penolakan selama simulasi dan pengukuran. Rentang frekuensi penolakan pada pengukuran adalah 4,4-5,1 GHz sedangkan rentang frekuensi penolakan simulasi adalah 4,7-5,6 GHz. Lebar pita pada saat simulasi adalah 4,39 GHz sedangkan saat pengukuran 4,34 GHz.



GAMBAR 4
(Perbandingan *Return Loss* Simulasi Dan Pengukuran)



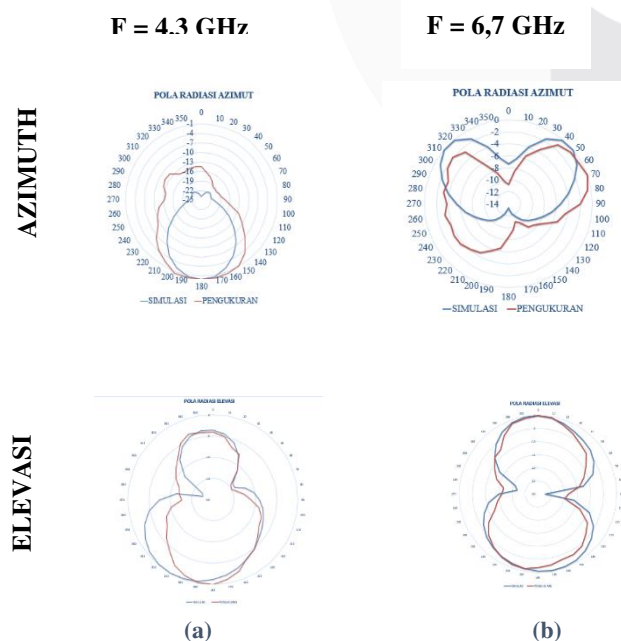
GAMBAR 5
(Perbandingan VSWR Simulasi Dan Pengukuran)

Hasil yang didapatkan dari simulasi dan pengukuran berbeda terlihat dari bentuk grafiknya, di mana hasil pengukuran memiliki banyak *ripple*. Hal ini terjadi karena beberapa factor yaitu kondisi tempat pengukuran tidak sesuai standar, kesalahan fabrikasi, bahan yang digunakan bukan material ideal dan lain-lain.

C. Pengukuran Pola Radiasi

Penelitian ini juga melakukan pengukuran pola radiasi menggunakan medan jauh secara azimuth dan elevasi. Pengukuran ini dilakukan dengan cara memutar antenna setiap 10°. Pada Gambar 6 merupakan perbandingan dari polaradiasi azimuth dan elevasi yang bekerja pada frekuensi bawah dan atas. Dari hasil pengukuran pola radiasi pada frekuensi rendah, bidang azimuth (sudut 0°) daya terima maksimum terdapat pada sudut 180° dan daya terima minimum berada pada sudut 60°. Pengukuran polaradiasi pada bidang elevasi (sudut 90°) daya terima maksimum pada sudut 180° dan pada daya terima minimum berada pada sudut 60°.

Dari hasil pengukuran pola radiasi pada frekuensi tinggi, bidang azimuth (sudut 0°) daya terima maksimum terdapat pada sudut 70° dan daya terima minimum berada pada sudut 0°. Pengukuran polaradiasi pada bidang elevasi (sudut 90°) daya terima maksimum pada sudut 0° dan pada daya terima minimum berada pada sudut 120°. Hasil pengukuran polaradiasi azimuth dan elevasi diperoleh jenis pola radiasi *unidirectional* dan hampir *omnidirectional*. Hasil percobaan pengukuran pola radiasi azimuth maupun elevasi yang didapatkan dari simulasi dan pengukuran sangat berbeda hal ini terjadi karena beberapa faktor kondisi tempat pengukuran tidak sesuai standar, kekurangan dalam proses pabrikasi, dan saat pemutaran antenna secara manual.



GAMBAR 6
(Perbandingan Pola Radiasi, (a) Frekuensi 4,3 GHz (b) Frekuensi 6,7 GHz)

D. Perbandingan Gain

Pengukuran parameter *gain* dilakukan dengan menggunakan antenna *horn* sebagai antenna *transmitter* dan antenna yang akan diukur sebagai antenna *receiver*. Pengukuran ini dilakukan pada jarak $D = 1,5 \text{ m}$. Proses pengukuran dilakukan dengan melakukan pengambilan 10 data yang muncul pada VNA. Frekuensi yang dilakukan pada pengukuran ini memakai frekuensi *dual band* pada frekuensi yang memiliki koefisien yang bagus, yaitu frekuensi 4,3 GHz dan frekuensi 7,5 GHz. Untuk pengukuran *gain* menggunakan sudut maksimum dari data pola radiasi yang telah diperoleh sebelumnya. Langkah selanjutnya, pasang antenna pada titik sudut tersebut dan lakukan pengamatan dalam 10 kali untuk melihat datanya. Untuk penggunaan satuan pada perbandingan *gain* menggunakan antenna referensi yaitu antenna *isotropis* yang merupakan antenna dengan pola radiasi ideal. Untuk memperoleh nilai pengukuran *gain* dapat menggunakan rumus berikut [18]:

$$P_r = P_t + G_t - LS_t - FLS - LS_r + G_r \quad (1)$$

$$FSL = 92,5 + 20 \log(F) + 20 \log(D) \quad (2)$$

Dengan mana P_r merupakan daya *receiver* (dB), P_t merupakan daya *transmitter* (dB), G_t merupakan *gain transmitter* (dB), G_r merupakan *gain receiver* (dB), LS_t merupakan *loss kabel* (dB), F merupakan nilai frekuensi (GHz) dan D merupakan jarak antar antenna (km)

Terlihat pada tabel 1 merupakan perbandingan *gain* yang diperoleh pada saat proses simulasi dan pengukuran. Frekuensi 4,3 GHz mengalami penurunan sedangkan pada frekuensi 7,3 GHz mengalami peningkatan *gain*. Perbedaan hasil pengukuran dan simulasi bisa berbeda diakibatkan kondisi yang kurang ideal, fabrikasi bahan antenna yang tidak ideal dibandingkan pada saat simulasi, dan adanya *loss* pada kabel.

TABEL 1
(Perbandingan Gain)

Frekuensi	Simulasi	Pengukuran
4,3 GHz	2,540 dBi	1,37 dBi
7,3 GHz	1,941 dBi	8,19 dBi

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Antena UWB dirancang dalam rentang frekuensi 3,1 – 7,4 GHz yang akan ditambahkan *slot* pada *Patch* antenna yang berfungsi untuk melakukan penolakan pita di frekuensi WLAN. Proses penambahan *slot* ini dapat merubah nilai frekuensi pada antenna. Frekuensi akan terjadi penolakan ketika frekuensi yang diamati bernilai $> -10 \text{ dB}$ dan titik frekuensi atas dan bawah harus bernilai -10 dB atau dibawah -10 dB . Proses optimasi juga membantu dalam mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan pada awal perancangan.

- B. Proses optimasi parameter *slot* menghasilkan penolakan frekuensi dan antenna bekerja menjadi *dual band*. Terdapat 3 pita yang diamati diantaranya adalah 2 pita frekuensi kerja dan 1 pita penolakan. Lebar pita pada frekuensi rendah dimulai dari rentang 3,1-4,7 GHz dengan nilai sebesar 1,8 GHz. Lebar pita pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 5,6-7,4 GHz dengan nilai 1,8 GHz. Untuk Lebar pita penolakan dimulai dari rentang 4,7-5,6 GHz dengan nilai 900 MHz. Nilai *return loss* pada rentang frekuensi penolakan akan memiliki nilai >-10 dB yang menandakan terjadinya penolakan. Rentang frekuensi penolakan tersebut mampu menolak beberapa frekuensi kerja diantaranya WLAN pada frekuensi 4,9-6,2 Ghz. Terdapat pergeseran frekuensi penolakan selama simulasi dan pengukuran. Rentang frekuensi penolakan pada pengukuran adalah 4,4-5,1 GHz sedangkan rentang frekuensi penolakan simulasi adalah 4,7-5,6 GHz.
- C. Pada frekuensi rendah dimulai dari rentang 3,1-4,8 GHz. Pada proses simulasi difrekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -12,2 dB dan -10,4 dB. Untuk proses pengukuran difrekuensi 3,1 GHz dan 4,8 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -10,9 dB dan -10 dB. Pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 5,6-7,5 GHz. Pada proses simulasi difrekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -10,9 dB dan -10 dB. Untuk proses pengukuran difrekuensi 5,6 GHz dan 7,5 GHz memiliki nilai *return loss* secara berurutan adalah -19,1 dB dan -24,6 dB. Hasil yang didapatkan dari simulasi dan pengukuran berbeda terlihat dari bentuk grafiknya, di mana hasil pengukuran memiliki bangk ripple. Hal ini terjadi karena beberapa faktor yaitu kondisi tempat pengukuran tidak sesuai standar, kesalahan fabrikasi, bahan yang digunakan bukan material ideal dan lain-lain

REFERENSI

- [1] S. A. Hassan, M. Samsuzzaman, M. J. Hossain, M. Akhtaruzzaman, And T. Islam, "Compact Planar Uwb Antenna With 3.5/5.8 Ghz Dual Band-Notched Characteristics For Iot Application," *2nd Ieee Int. Conf. Telecommun. Photonics, Ictp 2017*, Vol. 2017-Decem, Pp. 195-199, 2018, Doi: 10.1109/Ictp.2017.8285906.
- [2] S. Kaur Sidhu And J. Singh Sivia, "Comparison Of Different Types Of Microstrip Patch Antennas," *Int. J. Comput. Appl.*, No. Icaet, Pp. 975-8887, 2015.
- [3] A. Muttaqin And Y. Rahayu, "Analisis Potensi Interferensi Sistem Lte Dengan Egsm Di Pita 800 Mhz," *Jomfiteknik*, Vol. 4, No. 1, Pp. 1-7, 2017.
- [4] Harfan Hian Ryanu, Dhoni Putra Setiawan, And Edwar, "Desain Antena Mikrostrip Uwb Dengan Peningkatan Lebar Pita Dan Karakteristik Triple Notch Band," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, Vol. 10, No. 3, Pp. 249-256, 2021, Doi: 10.22146/Jnteti.V10i3.1878.
- [5] T. Yunita, K. Usman, And A. Kurniawan, "Experiment Of Slotted Triangular Triple-Band Antenna For Wimax/Wlan Application In Indonesia," *2012 7th Int. Conf. Telecommun. Syst. Serv. Appl. Tssa 2012*, Pp. 300-305, 2012, Doi: 10.1109/Tssa.2012.6366072.
- [6] F. W. Ardianto, N. M. A., And B. Syihabuddin, "Analisis Simulasi Antena Mimo 4 4 Susunan Persegi Dan Sirkular Pada Frekuensi 15 Ghz," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 174-182, 2018, Doi: 10.22146/Jnteti.V7i2.420.
- [7] R. Cicchetti, E. Miozzi, And O. Testa, "Wideband And Uwb Antennas For Wireless Applications: A Comprehensive Review," *Int. J. Antennas Propag.*, Vol. 2017, 2017, Doi: 10.1155/2017/2390808.
- [8] K. P. Ray, "Design Aspects Of Printed Monopole Antennas For Ultra-Wide Band Applications," *Int. J. Antennas Propag.*, Vol. 2008, Pp. 1-8, 2008, Doi: 10.1155/2008/713858.
- [9] P. P. Shome, T. Khan, And R. H. Laskar, "A State-Of-Art Review On Band-Notch Characteristics In Uwb Antennas," *Int. J. Rf Microw. Comput. Eng.*, Vol. 29, No. 2, Pp. 1-16, 2019, Doi: 10.1002/Mmce.21518.
- [10] S. Pramono, B. B. S., And T. Hariyadi, "Modified Ultra Wideband (Uwb) Antipodal Vivaldi Antenna For 5," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, Vol. 8, No. 5, P. 3067, 2018, Doi: 10.11591/Ijece.V8i5.Pp3067-3075.
- [11] A. Saxena And R. P. S. Gangwar, "A Compact Uwb Antenna With Dual Band-Notched At Wimax And Wlan For Uwb Applications," *Int. Conf. Electr. Electron. Optim. Tech. Iceeot 2016*, Pp. 4381-4386, 2016, Doi: 10.1109/Iceet.2016.7755546.
- [12] C.A.Balanis, [Eng_C.A.Balanis] *Antenna Theory Analysis And Design 2ed (Wiley_1997)*, 2nd Edition. Usa: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [13] Y. Prabowo And G. S. Prabowo, "Analisa Kinerja Antena Pada Uav Lapan Menggunakan Simulasi Cst Microwave Suite," Pp. 448-458.
- [14] S. M. Putri, "Analisis Antena Mikrostrip Fraktal Sierpinski Gasket," *J. Elektro Dan Telekomun.*, Vol. 4, Pp. 55-61, 2018.
- [15] A. Raihan, L. N. Olivia, And S. Budi, "Analisis Antena Mikrostrip Mimo 8x8 Dengan Patch Berbentuk Segitiga Pada Frekuensi 15 Ghz," Vol. 6, No. 2, Pp. 3200-3207, 2019.
- [16] R. A. Faturrachman, L. O. Nur, And B. S. Nugroho, "Antena Mikrostrip Dual Band-Notch Pada Frekuensi 3, 5 Ghz Dan 5, 5 Ghz Untuk Aplikasi Ultra Wideband (Uwb) Dual Band-Notch Microstrip Antenna At 3, 5 Ghz And 5, 5 Ghz Frequency For Ultra Wideband (Uwb) Application," *11th Natl. Conf. Inf. Technol. Electr. Eng. (Citee 2019)*, Pp. 1-9, 2019.
- [17] C. Andriyani, B. Sumajudin, And T. Yunita, "Perbandingan Antena Mikrostrip Array Dual Band Dengan Pencatutan Microstrip Line Dan Electromagnetically Coupled (Emc)," *Teknika - J. Penelit. Dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. Dan Elektron.*, Vol. 5, No. 1, P. 19, 2020, Doi: 10.25124/Teknika.V5i1.3241.
- [18] R. Aprizatama, D. Arseno, H. H. Ryanu, And U. Telkom, "Perancangan Dan Realisasi Antena Horn Piramida Ultra Wide Band (Uwb) Untuk Soil Water Content (Swc) Dengan Polaradiasi Unidirectional Design And Realization Of Ultra Wide Band (Uwb) Pyramid Horn Antenna For Soil Water Content (

Swc) With Unidirecti,” vol. 8, no. 5, pp. 5343–5350, 2021.

