

Desain Antena Mikrostrip Untuk Penggunaan Pada Sistem Jaringan Televisi Digital

Wildan Nurgalih Pangestu ^{#1}, Didik Aribowo ^{*2}, Mohammad Fatkhurokhman ^{#3}

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Ciwaru Raya No 25 Kota Serang 42117 Indonesia

¹ 2283190023@untirta.ac.id

² d_aribowo@untirta.ac.id

³ fatkhur0404@untirta.ac.id

Received on 01-11-2023, revised on 07-11-2023, accepted on 15-11-2023

Abstract

Kualitas jaringan televisi di Indonesia saat ini masih terus dilakukan pengembangan untuk dapat memberikan kualitas jaringan televisi yang terbaik, namun yang masih menjadi permasalahan didalamnya adalah pemerataan kualitas jaringan televisi tersebut yang masih belum mencakup seluruh wilayah di Indonesia. Dengan begitu dibutuhkan perangkat tambahan yang dapat menunjang untuk dapat menanggulangi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini di buat sebuah antena mikrostrip dengan menggunakan metode *array*, untuk bekerja pada frekuensi 400-899 MHz untuk jaringan televisi digital. antena mikrostrip akan memperhatikan dan dilakukan analisa pada parameter *return loss* (S-11), *VSWR* (*Voltage Standing Wave Ratio*), *bandwidth*, dan *gain* antena. Hasil simulasi bagi beberapa parameter seperti *returnloss* yang mendapat nilai sebesar -13.33639 dB dan nilai *VSWR* didapatkan sebesar 1.5489645 pada frekuensi kerja 649,5 MHz. Besaran *Gain* yang didapatkan yaitu sebesar 2.35 dBi dan nilai *bandwidth* antena yang didapat adalah sebesar 30.6 MHz. Nilai-nilai tersebut sudah memenuhi kriteria sebuah antena mikrostrip yang baik dan siap untuk di fabrikasi serta di implementasikan.

Keywords: Televisi, Antena, Mikrostrip, *Return loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, *Gain*.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Wildan Nurgalih Pangestu
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Ciwaru Raya No 25 Kota Serang 42117 Indonesia
Email: 2283190023@untirta.ac.id

I. INTRODUCTION

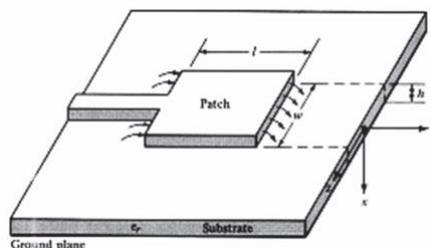
Pesatnya perkembangan teknologi berbanding lurus dengan munculnya peranti media baru untuk memudahkan konsumennya. Hasil dan efek dari semua ini adalah mulai tertinggalnya media konvensional untuk memikat ketertarikan masyarakat umum. Mau tidak mau perangkat konvensional seperti televisi mesti lekas beradaptasi mengimbangi perubahan zaman. Munculnya peranti media baru dengan karakter hampir sama dengan media televisi membuat harus melakukan pembaharuan agar tidak tertinggal oleh perubahan waktu, oleh sebab itu televisi yang awalnya penyiaran analog bertransformasi menjadi penyiaran digital [1]. Digitalisasi penyiaran televisi akan berdampak pada tersedianya banyak saluran karena efisiensi teknologi. Jika saat ini satu frekuensi analog hanya bisa untuk satu saluran program siaran saja, maka lewat penyiaran digital bisa diisi oleh 12 saluran program siaran [2].

Dengan adanya televisi siaran digital, kualitas suara serta gambar yang didapat konsumen jauh lebih baik dibandingkan siaran analog, yang mana tidak ada lagi gambar terlihat berbayang atau segala bentuk yang mengganggu pada monitor televisi. Pada era modern saat ini, penonton televisi tidak hanya menonton televisi namun bisa mendapat berbagai fasilitas dan kemudahan seperti akses internet. Sehingga bisa dilakukan menggunakan satu prosedur. Televisi Digital adalah jenis televisi yang memakai modulasi digital

dan sistem kompresi untuk menyalurkan sinyal gambar, suara, dan data ke pesawat televisi. Televisi digital merupakan alat yang digunakan untuk menangkap siaran TV digital, perubahan dari proses saluran analog ke digital yang mengganti informasi menjadikan sinyal digital berbentuk bit data seperti komputer. Untuk dapat menangkap siaran digital, peranti pengguna (televisi) harus mempunyai perangkat tambahan untuk membaca siaran tersebut. Perangkat pembantu penerima siaran digital tersebut disebut dengan Set Top Box (STB) dan yang tak kalah penting adalah alat pembantu STB yaitu Antena [3].

Antena itu sendiri adalah suatu perangkat yang dirancang untuk menerima dan mentransfer gelombang radio dengan memanfaatkan prinsip gelombang elektromagnetik. Dengan cara ini, antena dapat mengonversikan sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara luas, atau sebaliknya, menerima gelombang elektromagnetik dari udara dan mengonversikannya menjadi sinyal-sinyal listrik yang dapat diproses atau diteruskan. Dengan demikian, antena memegang peran penting dalam komunikasi nirkabel dan sistem-sistem yang menggunakan gelombang elektromagnetik, seperti komunikasi radio, televisi, dan teknologi seluler [4].

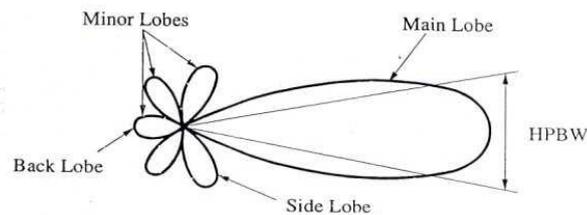
Antena mempunyai beberapa jenis salah satunya adalah antenna microstrip. Antenna mikrostrip adalah sebuah antena yang berdimensi papan (*board*) tipis dan dapat berfungsi pada frekuensi yang sangat tinggi [5]. Secara bentuk, antena ini memang terlihat sederhana karena umumnya terdiri dari lempengan semacam PCB (Printed Circuit Board) yang sudah diketahui dalam lingkup elektronika. Dalam bentuk paling dasarnya, sebuah antena mikrostrip terdiri dari bidang memancar (*patch*) yang terletak di satu sisi lapisan dielektrik, sementara di sisi lainnya terdapat bidang dasar (*ground plane*). Konfigurasi ini menciptakan struktur yang memungkinkan antena untuk memancarkan serta menangkap gelombang elektromagnetik dengan efisien, tergantung pada dimensi dan bentuk patch serta jenis dielektrik yang digunakan. Antena mikrostrip sering digunakan dalam berbagai aplikasi komunikasi dan nirkabel karena efisiensinya dalam memancarkan dan menerima sinyal radio frekuensi [6].



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu bentuk antena yang terkenal saat ini karena biayanya yang terjangkau, bentuknya kecil, dan tidak sulit untuk dibuat. Selain itu, antena mikrostrip mudah dalam pembuatan frekuensi resonansi, impedansi input, polarisasi, dan pola radiasi [7]. Antena mikrostrip memiliki komponen *ground plane* yang terbuat dari *copper* berada di lapisan paling bawah yang bekerja sebagai pemantul sempurna. Substrat di atasnya memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) dan tebal substrat (h). Ada pula *patch* terletak paling atas yang berfungsi sebagai radiator yang dapat memiliki bentuk yaitu *rectangular*, *square*, *circular*, dan lainnya [8]. Bentuk *Patch rectangular* mudah untuk dilakukan analisis dan paling akurat untuk *substrate* yang tipis. Ukuran dimensi antena mikrostrip dapat dicari melalui perhitungan dari rumus yang telah disederhanakan [9].

Pola radiasi antena didefinisikan sebagai fungsi matematis atau representasi grafis dari sifat-sifat radiasi antena sebagai fungsi dari koordinat ruang [10]. Radiasi memiliki karakteristik yang mencakup aspek-aspek seperti tingkat fluks daya, intensitas radiasi, kekuatan medan, serta arah fasa atau polarisasi. Pola radiasi terdiri dari sejumlah komponen yang dikenal sebagai Lobes, yang dapat dibedakan menjadi bagian utama dan bagian minor (*side* dan *back lobe*) [11]. Pola radiasi adalah representasi dari bagaimana antena memancarkan energinya dalam ruang tiga dimensi. Pola radiasi terbentuk oleh distribusi medan elektromagnetik pada jarak yang cukup jauh dari antena. Energi yang dipancarkan ini mengacu pada intensitas medan listrik yang dihasilkan oleh antena dalam berbagai arah [12].



Gambar 2. Bentuk Pembagian *Lobe* Pola Radiasi

Return loss adalah parameter yang digunakan untuk mengukur sejauh mana kesesuaian atau kecocokan impedansi antenna. Ini mengukur seberapa sedikit energi yang dipantulkan kembali ke sumber, yang sebagian besar harus diserap oleh antenna. Return loss diukur dalam desibel (dB) dan merupakan kebalikan dari koefisien refleksi. Sebuah antenna yang sangat efisien akan memiliki nilai return loss yang mendekati nol atau bahkan negatif, seperti yang Anda sebutkan, yaitu kurang dari -10 dB, yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal diserap oleh antenna dan hanya sedikit yang dipantulkan Kembali [13].

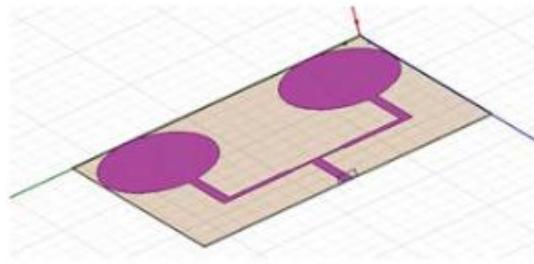
Return loss dapat terjadi dikarenakan adanya ketidaksesuaian antara impedansi saluran transmisi dengan impedansi masukan beban [14]. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) adalah rasio antara amplitudo tegangan maksimum dan amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri pada sebuah saluran transmisi. Ini digunakan untuk mengukur sejauh mana terjadi fluktuasi level daya akibat ketidaksesuaian antara saluran transmisi dan beban yang terhubung ke dalamnya [15]. Besarnya nilai VSWR dapat bervariasi dalam rentang antara 1 (ideal) hingga tak terhingga. Semakin tinggi nilai VSWR, semakin besar ketidaksesuaian antara saluran transmisi dan beban. Dengan kata lain, semakin tinggi VSWR, semakin banyak energi yang dipantulkan kembali ke sumber daripada diserap oleh beban, yang dapat mengakibatkan kerugian daya dan berkurangnya efisiensi transmisi [16].

Bandwidth pada antenna dapat didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna, yang meliputi karakteristik seperti impedansi masukan, pola radiasi, lebar radiasi, polarisasi, gain, efisiensi, VSWR, return loss, dan axial ratio, memenuhi persyaratan atau spesifikasi standar yang telah ditetapkan. Dalam rentang frekuensi ini, antenna biasanya dirancang untuk memberikan kinerja optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu [17].

Gain pada antenna adalah parameter yang menggambarkan perbandingan antara daya yang difokuskan oleh antenna pada arah tertentu dengan daya yang dipancarkan oleh antenna referensi. Gain mengukur kemampuan antenna untuk mengarahkan atau memfokuskan energi elektromagnetik ke dalam suatu arah tertentu. Semakin tinggi nilai gain, semakin efisien antenna dalam mengarahkan sinyal ke arah yang diinginkan [18]. Pada praktiknya pengukuran gain dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan (*Gaincomparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antenna referensi (biasanya antenna *dipole* standar) yang sudah diketahui nilai gainnya [19].

II. RESEARCH METHOD

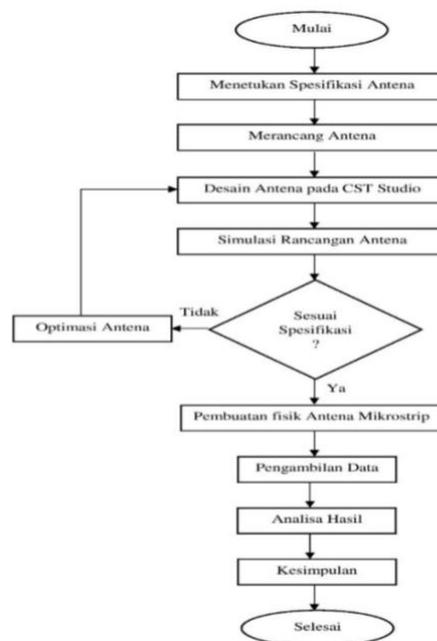
Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan menggunakan tahapan-tahapan yang sedemikian rupa untuk dapat mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan pelaksanaan penelitian ini. Antenna mikrostrip yang akan dirancang merupakan antenna mikrostrip dengan tipe *patch circular* dengan spesifikasi antenna yang dibuat untuk bekerja pada frekuensi 400-899 MHz untuk penggunaan pada sistem jaringan televisi digital. Antenna mikrostrip ini dirancang dengan menggunakan metode *array*, metode ini merupakan salah satu teknik miniaturisasi ukuran antenna mikrostrip yang bekerja dengan cara membentuk sejajar pada sisi-sisi *patch* antenna [6].



Gambar 3. Struktur Antena Mikrostrip dengan Array

Penggunaan array pada antena dapat memengaruhi aliran arus di permukaan atas, mengakibatkan belokan arus yang pada gilirannya meningkatkan panjang elektris dari patch. Efek dari ini adalah penurunan frekuensi operasional karena dimensi fisik patch menjadi lebih panjang. Secara eksklusif, nilai frekuensi dapat dikurangi lebih lanjut dengan menambahkan lebih banyak slit. Penggunaan beberapa slit dapat mengarahkan aliran arus di sekitar mereka, menghasilkan perubahan pada pola radiasi antena. Ini adalah salah satu teknik yang digunakan dalam merancang antena untuk mengubah karakteristik operasionalnya, terutama dalam hal frekuensi kerja dan pola radiasi [20].

Antena mikrostrip di desain dengan menggunakan bantuan Aplikasi CST Studio Suite, Berikut merupakan alur pelaksanaan penelitian yang dituangkan dalam diagram alir. CST Studio Suite (juga dikenal sebagai Microwave Studio) adalah perangkat lunak komprehensif yang digunakan untuk menganalisis dan merancang sistem elektromagnetik, terutama dalam rentang frekuensi tinggi. Setelah model dibangun, prosedur penyambungan otomatis secara penuh diterapkan sebelum memulai proses simulasi. Dengan mesin visualisasi canggih dan kemampuan pemrosesan pos yang fleksibel, CST Studio Suite memungkinkan pengguna untuk menganalisis dan meningkatkan desain dengan cara yang relevan dan efisien. Perangkat lunak ini terutama digunakan dalam pengembangan produk dan penelitian di berbagai bidang yang melibatkan elektromagnetik, seperti mikrostrip, antena, dan sirkuit frekuensi tinggi lainnya (CST, 2018).



Gambar 4. Alur Penelitian

III. RESULTS AND DISCUSSION

.Dalam perancangan antenna mikrostrip, tahapan awal yang dilakukan adalah melakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi dan dimensi antenna mikrostrip yang akan dibuat. Pada perhitungan ini terdapat beberapa rumus yang digunakan untuk menentukan dimensi antenna mikrostrip yang akan dibuat, diantaranya yaitu:

a. Diameter *Patch* (a)

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

b. *Groundplane*

$$W_g = 6h + 2a$$

(2)

$$L_g = 6h + \frac{\pi}{2} a$$

(3)

c. Saluran Transmisi Feed

$$y_0 = 0,3 \times d$$

(4)

$$W_0 = z_0 \times \frac{h}{\epsilon_r}$$

(5)

$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda d$$

(6)

Keterangan:

c = 3×10^8 m/s (Kecepatan Cahaya)

ϵ_r = Konstan Dielektrik

h = Ketebalan Substrate (mm)

a = Jari-jari *Patch*

$\epsilon_{r\text{eff}}$ = Konstanta dielektrik *effective*

L_{eff} = Panjang *effective*

L_g = Panjang *Groundplane*

W_g = Lebar *Groundplane*

L_s = Panjang Slit

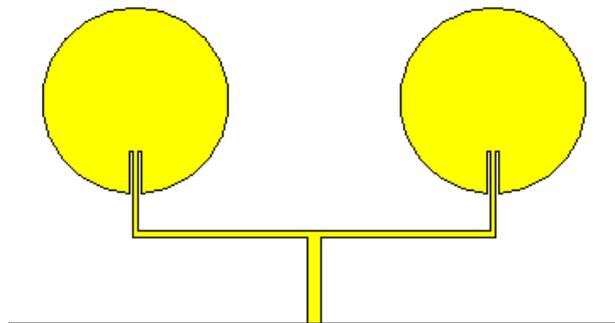
Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada frekuensi kerja antenna yang akan dibuat yakni 400-899 MHz. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus diatas, maka didapatkan hasil dimensi antenna mikrostrip yang akan dibuat, dituangkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Spesifikasi Antena Mikrostrip

Parameter	Spesifikasi
Bahan dielektrik	FR-4
Konstanta dielektrik	4.3
Tebal dielektrik	1.6 mm
Bahan <i>patch</i>	<i>Copper</i> (Tembaga)
Tebal <i>patch</i>	0.035 mm
Jari-jari <i>patch</i>	43,67 mm
Panjang substrat	145,41 mm

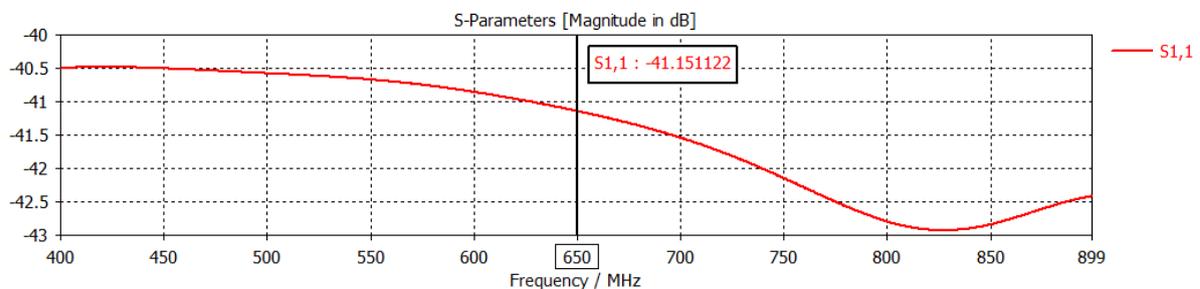
Lebar substrat	156,38 mm
Panjang <i>ground</i>	96,94 mm
Lebar <i>ground</i>	78,19 mm
Panjang gelombang (λ)	334 mm
Lambda dielektrik (λ_d)	161 mm

Data spesifikasi antenna mikrostrip tersebut kemudian dimasukan kedalam tahapan desain antenna dengan menggunakan aplikasi *CST Studio Suite*. Dalam aplikasi tersebut juga akan dilakukan percobaan simulasi hasil dari desain antenna mikrostrip yang dibuat dengan memperhatikan parameter-parameter sseperti *returnloss* ($S_{1,1}$), *VSWR* (*Voltage Standing Wave Ratio*), *Bandwidth*, dan *Gain*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut yang dituangkan kedalam desain antenna yang buat dengan aplikasi *CST Studio Suite* didaatkan hasil desain antenna mikrostrip *rectangular patch* dengan metode *peripheral slit* seperti pada gambar berikut ini.



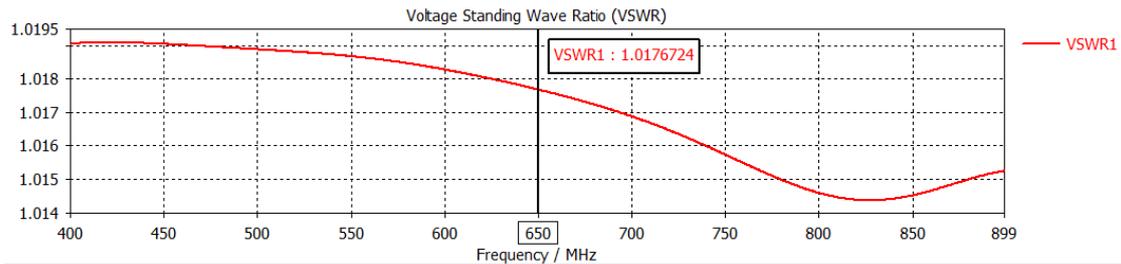
Gambar 5. Hasil Desain Antena Mikrostrip

Desain antenna mikrostrip diatas digunakan dalam percobaan simulasi antenna pada aplikasi *CST Studio Suite*, berikut ini merupakan hasil dari parameter-parameter yang diperhatikan dalam simulasi antenna mikrostrip tersebut.



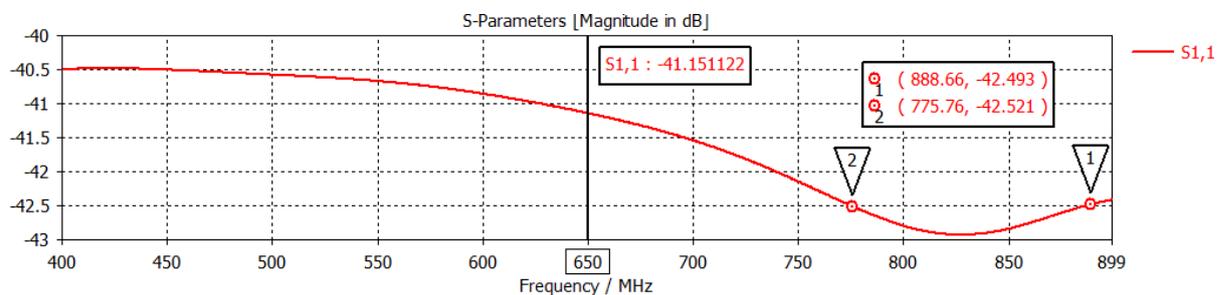
Gambar 6. Hasil returnloss

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada rancangan antenna mikrostrip yang dibuat, didapatkan nilai return loss sebesar -41.151122 dB, pada frekuensi kerja 650 MHz. Nilai tersebut termasuk pada kriteria antenna yang baik karna ketentuan returnloss yang baik adalah < -10 dB.



Gambar 7. Hasil VSWR

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada proses simulasi, parameter VSWR didapatkan dengan nilai sebesar 1.0176724 pada frekuensi kerja 650 MHz. Nilai tersebut masih berada diantara nilai 1 dan 2, dimana antenna yang baik akan memiliki nilai VSWR yang mendekati nilai 1. Maka dari itu, berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa antenna mikrostrip yang dirancang telah memenuhi kriteria sebuah antenna yang baik untuk digunakan.



Gambar 8. Hasil Bandwidth

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari proses simulasi yang dilakukan, nilai bandwidth antenna mikrostrip yang didapatkan bisa dilihat dari grafik parameter returnloss. Seperti pada gambar diatas terdapat marker 1 pada frekuensi 888,66 MHz dan marker 2 pada frekuensi 775,76 MHz, bandwidth didapatkan dengan perhitungan menggunakan rumus berikut ini.

$$BW = f_h - f_l \quad (9)$$

Keterangan:

BW = Bandwidth

f_h = Frekuensi Atas

f_l = Frekuensi Bawah

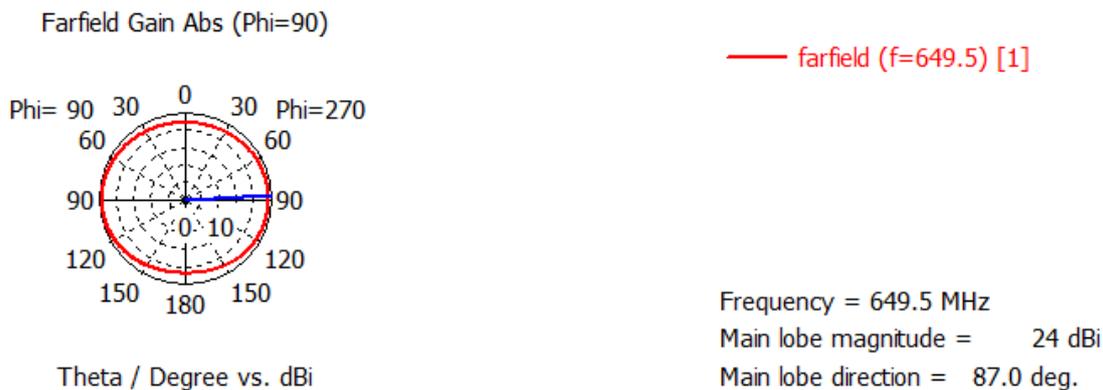
Maka:

f_h = 888,66 MHz

f_l = 775,76 MHz

BW = 888,66 – 775,76

= 112,9 MHz



Gambar 9. Hasil Gain Antena

Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan, didapatkan hasil gain antenna mikrostrip pada besaran 24 dBi. Nilai ini cukup besar dan berada diatas dari rancangan awal antenna yang bertujuan untuk memiliki nilai gain diatas dari 2 dBi. Dari parameter-parameter tersebut sudah memenuhi beberapa kriteria masing-masing parameter tersebut ataupun nilai yang direncanakan diawal, selain itu juga masih bisa dikembangkan ataupun dioptimasi lebih lanjut untuk dapat menghasilkan nilai parameter yang lebih baik agar dapat menciptakan suatu antenna mikrostrip yang lebih mumpuni untuk digunakan.

IV. CONCLUSION

Penelitian yang dilakukan mengenai antenna mikrostrip dengan rectangular patch untuk bekerja pada frekuensi 400-899 MHz sebagai antenna untuk sistem penyiaran televisi digital didapatkan hasil simulasi bagi beberapa parameter seperti returnloss yang mendapat nilai sebesar -41.151122 dB dan nilai VSWR didapatkan sebesar 1.0176724 pada frekuensi kerja 650 MHz. Besaran Gain yang didapatkan yaitu sebesar 24 dBi dan nilai bandwidth antenna yang didapat adalah sebesar 112,9 MHz. Nilai-nilai tersebut sudah memenuhi kriteria sebuah antenna mikrostrip yang baik dan siap untuk di fabrikasi serta di implementasikan.

REFERENCES

- [1] R. Haquq and F. A. Ersyad, "Eksistensi Media Televisi di Kalangan Remaja," *Din. Sos. Budaya*, vol. 22, no. 1, pp. 38–44, 2020, [Online]. Available: <http://journals.usm.ac.id/index.php/jdsb>
- [2] S. H. Frendy Christianto Imanuel Siahaan, Guntur F. Prisanto, Niken F. Ernungtyas, Irwansyah, "Migrasi Siaran Televisi Analog Ke Digital Arah Formulasi Kebijakan," *J. Risal. Komun.*, vol. 4, pp. 155–164, 2020.
- [3] L. E. Nuryanto, "Mengenal Teknologi Televisi Digital," *Orbith Maj. Ilm. Pengemb. Rekayasa dan Sos.*, vol. 10, no. 1, pp. 29–36, 2014.
- [4] P. Kurniasari, A. H. Dalimunthe, N. Thereza, F. Ramadhan, and U. Sriwijaya, "Desain Antena Mikrostrip Menggunakan Konfigurasi Slit Pada Bidang Patch Peradiasi Untuk Kinerja Wireless Fidelity 2 , 4 GHz," pp. 852–858.
- [5] O. F. Ahmed, R. H. Thaher, and S. R. Ahmed, "Design and fabrication of UWB microstrip Antenna on different substrates for wireless Communication system," *HORA 2022 - 4th Int. Congr. Human-Computer Interact. Optim. Robot. Appl. Proc.*, vol. 3, no. 7, pp. 13–16, 2022, doi: 10.1109/HORA55278.2022.9799852.
- [6] A. Charisma *et al.*, "Metode Proximity Coupled Pada Perancangan Antena Mirostrip Persegi Persegi Panjang Peripheral Slits untuk," pp. 94–102.

- [7] B. Alfaresi, M. V. E. Satya, and F. Ardianto, "Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4G Lte," *J. Ampere*, vol. 5, no. 1, p. 32, 2020, doi: 10.31851/ampere.v5i1.4158.
- [8] V. Chhabra and S. Dayal sharma, "a Paper on Performance Analysis of Microstrip Rectangular Patch Antenna," *Int. J. Tech. Res. Sci.*, vol. Special, no. Issue1, pp. 35–38, 2020, doi: 10.30780/specialissue-icrdet-2019/006.
- [9] Y. Christyono, I. Santoso, and R. D. Cahyo, "Perancangan antena mikrostrip array pada frekuensi 850 MHz," *Transmisi*, vol. 18, no. 2, pp. 87–95, 2016.
- [10] I. Fadilah and K. Budayawan, "Desain dan Karakteristik Antena Microstrip Sebagai Sensor Non – Destructive mikrostrip dengan menggunakan CST suite studio .," *J. Vocat. Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 10, no. 2, 2022.
- [11] F. Akbarrizky, R. Munadi, and H. Walidainy, "Perancangan dan Pengujian Antena Microstrip Circular Patch Array Dua Elemen untuk Aplikasi Wimax 2,3 GHz," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 21–28, 2017.
- [12] A. F. Haekal, J. Fat, and H. S. Utama, "Ahmad Fachri Haekal, Joni Fat, Hadian Satria Utama ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR SUBSTRAT FR-4 PADA FREKUENSI 2,3 GHZ UNTUK APLIKASI LTE," pp. 171–180.
- [13] N. W. Kirana, "Desain dan Analisis Antena Mikrostrip Rectangular Dengan Slot ' m ' Untuk Aplikasi WLAN 2,4 GHZ," *JE-Unisla*, vol. 6, no. 1, p. 453, 2021, doi: 10.30736/je.v6i1.581.
- [14] D. Rahmanda and Y. Rahayu, "Pencatuan Microstrip Line Untuk Aplikasi Wireless Body Area Network (Wban) Pada Frekuensi 2 . 4 Ghz," vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2016.
- [15] K. N. Anou, "Perancangan Dan Karakterisasi Antena Monopole Sebagai Pemancar Dan Penerima Gelombang Wifi Frekuensi 2,4 Ghz Design and Characterization of Monopole Antenna As Transmitter and Receiver Wifi Wave At 2.4 Ghz Frequency," *J. Nat.*, vol. 15, no. 1, p. 40, 2019.
- [16] H. Madiawati and A. B. Simanjuntak, "Antena Mikrostrip Rectangular Array 4x2 Elemen dengan Metode Inset Feed pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 6, no. 2, p. 175, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i2.2021.175-182.
- [17] R. Rufaidah, A. A. P, and R. Anwar, "Perancangan Antena Mikrostrip Array Pada Frekuensi X-Band Untuk Aplikasi Radar Cuaca," *e-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 3830–3838, 2020, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/12935>
- [18] A. Permana and N. Fath, "Rancang Bangun Antena Microstrip Sebagai Penguat Sinyal Wifi Dan Jaringan 4G Lte Pada Frekuensi 1800 Mhz," *Maestro*, vol. 4, no. 2, pp. 240–248, 2021.
- [19] D. Anggraeni and E. M. Khusna, "DIELEKTRIK KEVLAR-TEPUNG KACA KOMPOSIT Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang , Semarang Latar Belakang Peranan yang dirasakan dengan kemajuan teknologi telekomunikasi saat ini adalah kemampuan untuk mendistribusikan informasi-informasi yang te," vol. 5, pp. 354–362, 2023.
- [20] P. Dan, R. Antena, M. Patch, S. R. Putri, H. Wijanto, and T. Yunita, "Sirkular Monopole Pada Frekuensi 2 , 1 Ghz Untuk Lte (Design and Realization of 4 × 4 Mimo Antenna Monopole Circular Patch on Frequency 2 , 1 Ghz for Lte)," vol. 8, no. 6, pp. 11738–11752, 2021.