

Design 64 Element Microstrip Antenna Array for Capturing Data from Himawari-8 Satellite

MUHAMMAD RIZA DARMAWAN¹, MARTIANA KHOLILA FADHIL², CATUR APRIONO³

Article History:

Received
15 May 2025
Revised
03 June 2025
Accepted
24 July 2025

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember, Indonesia

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia

Email : muhammadrizadarmawan@unej.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan desain antena mikrostrip 64 elemen dengan metode Dolph-Chebyshev untuk menangkap data satelit Himawari-8. Proximity-coupled feed digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalkan radiasi yang tidak diinginkan. Distribusi amplitudo Dolph-Chebyshev diimplementasikan melalui Wilkinson unequal power divider dan transformator $\lambda/4$ untuk optimalisasi beamwidth dan sidelobe. Hasil simulasi menunjukkan antena beroperasi pada rentang frekuensi 4,1036-4,459 GHz dengan gain 23,46 dB pada frekuensi 4,148 GHz. Pola radiasi terarah memiliki 3 dB beamwidth sebesar $6,5^\circ$ pada E-Plane dan $4,9^\circ$ pada H-Plane, dengan arah lobus utama masing-masing 0° dan 1° . Dimensi total antena 752 mm \times 627,94 mm \times 3,255 mm tanpa memerlukan reflektor parabolik, menjadikannya lebih kompak dibandingkan desain sebelumnya.

Kata kunci: Himawari-8, proximity coupled feed, corporate feed, Dolph-Chebyshev, Wilkinson unequal power divider

ABSTRACT

This research develops a 64-element microstrip antenna array design using the Dolph-Chebyshev method for capturing Himawari-8 satellite data. Proximity-coupled feed is employed to enhance efficiency and minimize unwanted radiation. Dolph-Chebyshev amplitude distribution is implemented through Wilkinson unequal power dividers and $\lambda/4$ transformers for optimizing beamwidth and sidelobe levels. Simulation results show the antenna operates in the frequency range of 4.1036-4.459 GHz with a gain of 23.46 dB at 4.148 GHz. The directional radiation pattern has a 3 dB beamwidth of 6.5° in the E-Plane and 4.9° in the H-Plane, with main lobe directions of 0° and 1° respectively. The total antenna dimensions of 752 mm \times 627.94 mm \times 3.255 mm without requiring a parabolic reflector make it more compact compared to previous designs.

Keywords: Himawari-8, proximity coupled feed, corporate feed, Dolph-Chebyshev, Wilkinson unequal power divider



1. PENDAHULUAN

Satelit HIMAWARI-8 hadir sebagai inovasi yang mengagumkan dalam dunia teknologi satelit cuaca. Satelit ini berhasil menggabungkan dua keunggulan yang sebelumnya hanya bisa didapatkan secara terpisah dari satelit kutub dan satelit geostasioner. Sebelumnya, meskipun satelit di Low Earth Orbit (LEO) memiliki banyak pita spektral, satelit ini hanya bisa mengambil gambar setiap beberapa jam sekali. Di sisi lain, satelit geostasioner mampu mengambil gambar lebih sering, yakni setiap jam, namun hanya memiliki maksimal lima saluran spektral. Satelit HIMAWARI-8 berhasil mengatasi keterbatasan ini dengan memadukan kedua kemampuan tersebut **(Bessho, dkk, 2016) (Letu, dkk, 2019) (Yu, dkk, 2016)**.

Dalam teknologi antena mikrostrip, mekanisme pencatu yang umum digunakan adalah proximity coupling atau electromagnetic coupling. Penggunaan electromagnetic coupling memiliki beberapa keunggulan yang menarik. Pertama, metode ini sangat efektif diterapkan pada sistem antena array. Kedua, karena posisinya yang dekat dengan groundplane, metode ini dapat meminimalkan radiasi yang tidak diinginkan. Selain itu, desain pencatunya sangat fleksibel dan tidak memerlukan kontak langsung dengan elemen peradiasi antena. Keunggulan lainnya adalah kemampuan menghasilkan bandwidth yang lebih lebar karena tidak adanya efek induktansi probe. Metode ini juga memungkinkan penggunaan substrat yang lebih tebal dan dapat meningkatkan gain antena **(Bakariya, dkk, 2015) (Mariyanto, dkk, 2017) (Widiandari & Munir, 2016)**.

Antena ini dirancang dengan menggunakan dua lapis substrat yang disusun secara bertingkat. Pada bagian bawahnya, terdapat saluran pencatu mikrostrip yang ditempatkan di bawah lapisan substrat pertama. Penempatan seperti ini bertujuan untuk meminimalkan radiasi yang tidak diinginkan dari saluran pencatu, sehingga tidak mengganggu kinerja antena pada bagian atasnya **(Gravas, dkk, 2019)**. Gain meningkat setelah menerapkan metode corporate feed **(Bakariya, dkk, 2015) (Kumar & Suganthi, 2017) (Ogurtsov & Koziel, 2018)**.

Pada tahun 1946, C.L. Dolph menciptakan sebuah metode yang dikenal sebagai metode Dolph-Chebyshev. Metode ini digunakan untuk menghitung bagaimana distribusi arus tersebar dalam antena array yang memiliki jarak sama dan simetris. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya menghasilkan pola antena yang optimal, dengan sidelobe level yang seragam dan beamwidth yang sangat fokus (sesempit mungkin). Metode ini telah terbukti efektif untuk menganalisis antena linier dengan berbagai jumlah elemen, seperti 8 elemen, 12 elemen, 16 elemen, 20 elemen, dan 24 elemen **(Balanis, 2016)**. Pendekatan semacam ini juga terbukti dapat meningkatkan perolehan gain **(Darmawan & Apriono, 2022) (Darmawan, dkk, 2024)**.

Dalam mendesain antena array, distribusi arus yang optimal dapat ditemukan menggunakan Polinomial Dolph-Chebyshev. Metode ini sangat berguna karena mampu menciptakan keseimbangan yang baik antara dua aspek penting, yaitu beamwidth dan sidelobe. Metode ini efektif diterapkan pada antena array dengan beberapa syarat, yaitu jarak antar elemen harus lebih besar dari setengah gelombang, pengukuran beamwidth dilakukan di antara titik nol pertama, dan distribusi arus harus memiliki bentuk yang simetris dari pusat array. Koefisien eksitasi pada antena array memiliki nilai yang sama dengan array factor Dolph-Chebyshev **(Pozar, 2024) (Wen, dkk, 2018)**.

Untuk mendapatkan susunan arus listrik yang optimal, dapat menggunakan pola polinomial Dolph-Chebyshev. Beberapa desain kurva telah tersedia untuk desain yang memiliki 8 hingga 24 elemen, dengan interval 4 elemen. Ketika jumlah elemen melebihi 24, perhitungan menjadi

sangat rumit dan tidak efisien karena banyaknya persamaan yang harus diselesaikan **(Balanis, 2016)**.

Desain antena mikrostrip patch 4×4 dengan distribusi daya Dolph-Chebyshev dan karakteristik filtering yang diimplementasikan menggunakan struktur multilayer. Antena array terdiri dari empat subarray 1×4, dimana setiap subarray terdiri dari empat antena patch yang di-coupled-fed oleh satu saluran mikrostrip melalui aperture pada ground layer. Dengan memilih area kopling yang tepat sepanjang saluran mikrostrip, antena dapat menghasilkan arus yang sefasa pada frekuensi kerja dan menghasilkan karakteristik radiasi yang baik **(Nie, dkk, 2022)**.

Metode Dolph-Chebyshev digunakan untuk mengoptimalkan array, dengan tujuan meningkatkan gain antena melalui penggunaan beberapa elemen. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari desain array planar 4×4 mencapai gain sebesar 26,57 dB dengan reflektor parabolik tetapi membutuhkan dimensi yang lebih besar (376 mm × 320,75 mm x 3.255 mm), sementara desain array linier 1×8 mencapai gain yang lebih tinggi sebesar 30,69 dB dengan reflektor parabolik yang sama meskipun memiliki bentuk yang lebih ringkas (94 mm × 564,99 mm x 3.255 mm) **(Darmawan & Apriono, 2022) (Darmawan, dkk, 2024)**. Berdasarkan dua penelitian sebelumnya, masih terdapat gap penelitian yaitu desain antena yang tidak kompak karena antena masih menggunakan reflektor parabola. Hal ini menunjukkan potensi untuk penelitian ini tentang konfigurasi antena kompak yang mempertahankan kinerja gain tinggi sambil mengurangi kebutuhan material dan menyederhanakan proses manufaktur dengan tidak menggunakan reflektor parabolik. Penelitian ini menyajikan desain sistem antena yang terdiri dari 64 elemen peradiasi antena yang disusun secara array. Antena beroperasi pada frekuensi 4,148 GHz, yang dipilih berdasarkan ketersediaan peralatan pengukuran di Indonesia dan kesesuaiannya untuk menerima data dari satelit Himawari-8.

2. METODA

Dalam perencanaan ini, dirancang sebuah antenna microstrip dengan konfigurasi array 64 elemen berbentuk rectangular (persegi panjang). Antena ini menggunakan bahan substrat Rogers RT/Duroid 5880 yang memiliki nilai konstanta dielektrik sebesar 2,2 dan tebal 1,575 mm. Dimensi total antena yang dirancang adalah 752 mm (panjang) x 627,94 mm (lebar) x 3,255 mm (tinggi). Perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio.

2.1 Perhitungan Desain Antena

Pada bagian ini akan dijelaskan perhitungan matematis untuk perhitungan desain antena. Lebar elemen peradiasi antena persegi panjang ditunjukkan dalam Persamaan (1) **(Balanis, 2016)**.

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung lebar elemen peradiasi antena persegi panjang (mm) dengan dengan W adalah lebar elemen peradiasi antena persegi panjang (mm), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), f_0 adalah frekuensi (GHz), ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat (F/m). Setelah menghitung lebar elemen peradiasi antena persegi panjang, menghitung nilai konstanta dielektrik efektif. Nilai konstanta dielektrik efektif ditunjukkan dalam Persamaan (2) **(Balanis, 2016)**.

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right) \quad (2)$$

Persamaan (2) digunakan untuk menghitung nilai konstanta dielektrik efektif dengan ε_e adalah nilai konstanta dielektrik efektif, ε_r adalah konstanta dielektrik substrat (F/m), h adalah ketebalan substrat (mm), dan W adalah lebar elemen peradiasi antenna persegi panjang (mm). Setelah menghitung nilai konstanta dielektrik efektif, menghitung efek medan tepi pada elemen peradiasi. Efek medan tepi pada elemen peradiasi ditunjukkan dalam Persamaan (3) **(Balanis, 2016)**.

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\varepsilon_e+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\varepsilon_e-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \quad (3)$$

Persamaan (3) digunakan untuk menghitung efek medan tepi pada elemen peradiasi dengan ΔL adalah perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya fringing effect (mm), dengan ε_e adalah nilai konstanta dielektrik efektif, h adalah ketebalan substrat (mm), dan W adalah lebar elemen peradiasi antenna persegi panjang (mm). Setelah menghitung efek medan tepi, menghitung panjang elemen peradiasi. Panjang elemen peradiasi ditunjukkan dalam Persamaan (4) **(Balanis, 2016)**.

$$L = \frac{c}{2f_0\sqrt{\varepsilon_e}} - 2\Delta L \quad (4)$$

Persamaan (4) digunakan untuk menghitung panjang elemen peradiasi dengan L adalah panjang elemen peradiasi antenna persegi panjang (mm), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), f_0 adalah frekuensi (GHz), dengan ε_e adalah nilai konstanta dielektrik efektif, dan ΔL adalah perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya fringing effect (mm). Setelah menghitung panjang elemen peradiasi, menghitung panjang elemen peradiasi efektif. Panjang elemen peradiasi efektif ditunjukkan dalam Persamaan (5) **(Balanis, 2016)**.

$$L_e = L + 2\Delta L \quad (5)$$

Persamaan (5) digunakan untuk menghitung panjang elemen peradiasi efektif dengan L_e adalah panjang elemen peradiasi efektif (mm), L adalah panjang elemen peradiasi antenna persegi panjang (mm), dan ΔL adalah perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya fringing effect (mm). Setelah menghitung panjang elemen peradiasi efektif, menghitung Dolph-Chebyshev array factor ditunjukkan dalam Persamaan (6) **(Balanis, 2016) (Darmawan & Apriono, 2022) (Darmawan, dkk, 2024)**.

$$(AF)_8 = A_0 \frac{z}{z_0} + A_1 \left(4 \frac{z^3}{z_0^3} - 3 \frac{z}{z_0} \right) + A_2 \left(16 \frac{z^5}{z_0^5} - 20 \frac{z^3}{z_0^3} + 5 \frac{z}{z_0} \right) + A_3 \left(64 \frac{z^7}{z_0^7} - 112 \frac{z^5}{z_0^5} + 56 \frac{z^3}{z_0^3} - 7 \frac{z}{z_0} \right) \quad (6)$$

Persamaan (6) digunakan untuk menghitung Dolph-Chebyshev array factor. Setelah menghitung Dolph-Chebyshev array factor, menghitung Dolph-Chebyshev polynomial ditunjukkan dalam Persamaan (7) **(Balanis, 2016) (Darmawan & Apriono, 2022) (Darmawan, dkk, 2024)**.

$$T_7 = 64z^7 - 112z^5 + 56z^3 - 7z \quad (7)$$

Persamaan (7) digunakan untuk menghitung Dolph-Chebyshev polynomial. Hasil perhitungan distribusi amplitudo Dolph-Chebyshev untuk 64 elemen menggunakan Persamaan (6) dan (7) dituliskan pada Tabel. 1.

Tabel 1. Distribusi Amplitudo Dolph-Chebyshev untuk 64 Elemen

| Elemen dan Amplitude | | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |
| 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 |
| dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan | dan |
| 0,0139 | 0,0174 | 0,0145 | 0,0167 | 0,0167 | 0,0145 | 0,0174 | 0,0139 |

Setelah menghitung Dolph-Chebyshev polynomial, menghitung Wilkinson *unequal power divider* ditunjukkan dalam Persamaan (8) dan (9) **(Darmawan & Apriono, 2022)** **(Darmawan, dkk, 2024)** **(Pojar, 2024)**.

$$Z_{0A} = Z_0 \left(\frac{P_A}{P_B} \right)^{\frac{1}{4}} \left(1 + \frac{P_A}{P_B} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$Z_{0B} = Z_0 \left(\frac{1 + \frac{P_A}{P_B}}{\frac{P_A}{P_B}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Persamaan (8) dan (9) digunakan untuk menghitung Wilkinson *unequal power divider*. Hasil perhitungan Wilkinson *unequal power divider* menggunakan Persamaan (8) dan (9) dituliskan pada Tabel. 2.

Tabel 2. Wilkinson Unequal Power Divider

| Variabel | Impedansi (ohm) | Lebar (mm) |
|------------------------|-----------------|------------|
| ZA = ZH | 79,29 | 2,28 |
| ZB = ZG | 63,45 | 3,38 |
| ZC = ZF | 76,09 | 2,46 |
| ZD = ZE | 65,88 | 3,17 |
| ZL = ZO = ZS = ZV = ZY | 100 | 1,42 |

Setelah menghitung Wilkinson *unequal power divider*, menghitung transformator $\lambda/4$ ditunjukkan dalam Persamaan (10), (11), (12), dan (13) (Balanis, 2016) (Darmawan & Apriono, 2022) (Darmawan, dkk, 2024).

$$Z_T = \sqrt{Z_o Z_L} \quad (10)$$

$$\lambda_o = \frac{c}{f} \quad (11)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (12)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \quad (13)$$

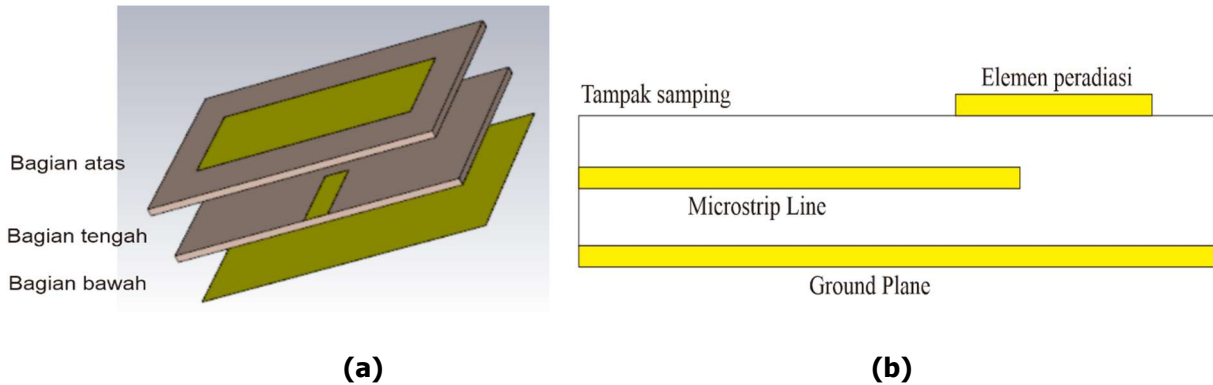
Persamaan (10), (11), (12), dan (13) digunakan untuk menghitung transformator $\lambda/4$ dengan Z_T adalah impedansi transformer (Ω), Z_o adalah impedansi saluran transmisi (Ω), Z_L adalah impedansi beban (Ω), λ_o adalah panjang gelombang di udara bebas, c adalah kecepatan ruang udara (3×10^8 m/s), dan f adalah frekuensi resonansi (GHz), λ_g adalah panjang gelombang pada bahan dielektrik, ϵ_{eff} adalah permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m), l adalah panjang saluran transformer $\frac{\lambda}{4}$. Hasil perhitungan transformator $\lambda/4$ menggunakan persamaan (10), (11), (12), dan (13) dituliskan pada Tabel. 3.

Tabel 3. Transformator $\lambda/4$

| Variabel | Impedansi (ohm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) |
|-----------------------------|-----------------|------------|--------------|
| ZAT = ZHT | 62,96 | 3,42 | 12,19 |
| ZBT = ZGT | 56,33 | 4,08 | 12,19 |
| ZCT = ZFT | 61,68 | 3,54 | 12,19 |
| ZDT = ZET | 57,39 | 3,97 | 12,19 |
| ZLT = ZOT = ZST = ZVT = ZYT | 70,71 | 2,81 | 12,19 |

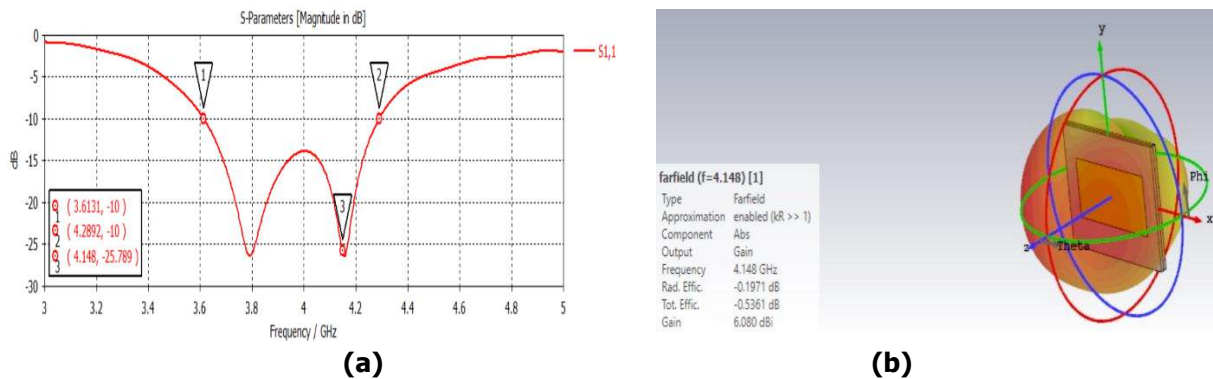
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah didapatkan hasil perhitungan desain antenna, kemudian melakukan proses simulasi desain antenna elemen tunggal dilakukan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio. Pada Gambar 1. menunjukkan desain antenna elemen tunggal: (a) bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah dan (b) Proximity-coupled feed. Pada proximity-coupled feed, microstrip line diantara elemen peradiasi dan groundplane. Proximity-coupled feed juga digunakan pada desain antenna 64 elemen.



Gambar 1. Desain Antena Elemen Tunggal: (a) Bagian Atas, Bagian Tengah, dan Bagian Bawah dan (b) Proximity-Coupled Feed

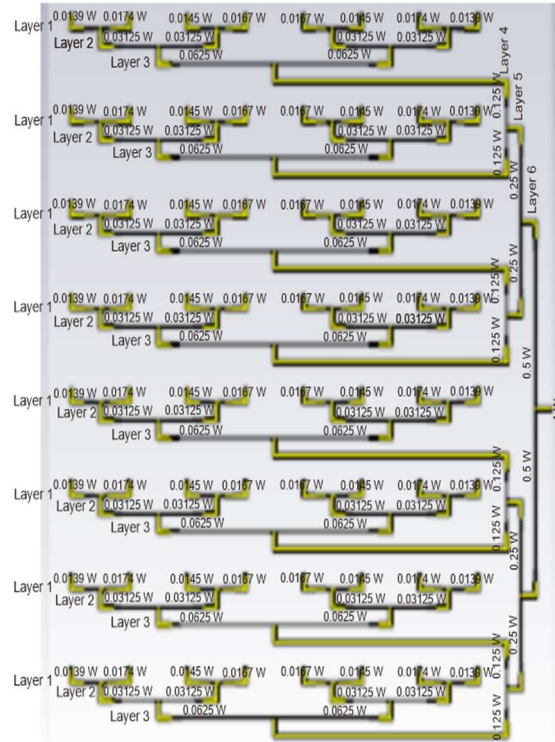
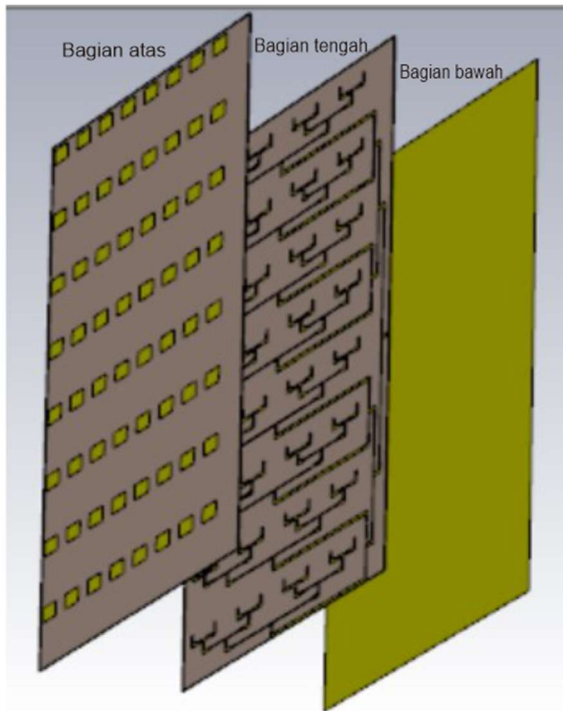
Pada Gambar 2. menunjukkan hasil simulasi desain antena elemen tunggal: (a) S-Parameters dan (b) Gain. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena elemen tunggal dapat beroperasi pada frekuensi 3,6131 GHz - 4,2892 GHz dan memiliki gain 6,08 dB pada frekuensi 4,148 GHz.



Gambar 2. Hasil Simulasi Desain Antena Elemen Tunggal: (a) S-Parameters dan (b) Gain

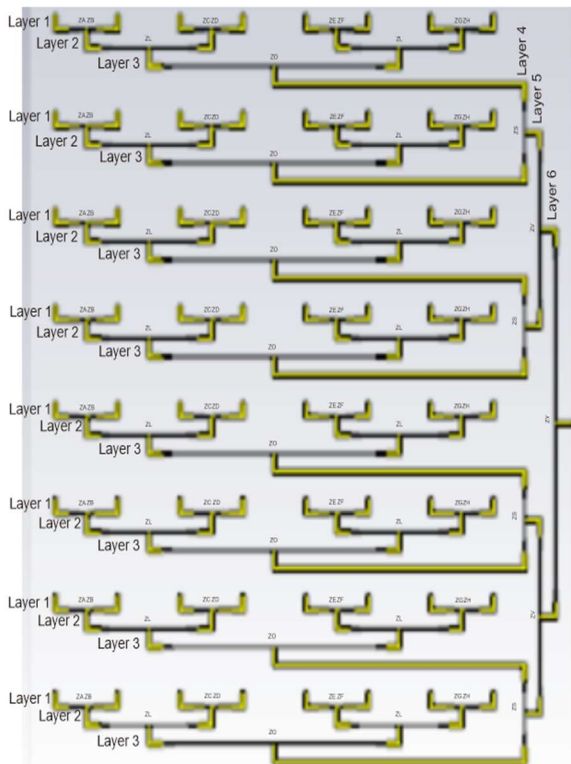
Setelah didapatkan desain antena elemen tunggal, kemudian melakukan proses simulasi desain antena 64 elemen dilakukan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio. Pada Gambar 3. menunjukkan desain antena 64 elemen: (a) bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah, (b) distribusi amplitudo Dolph-Chebyshev, (c) Wilkinson unequal power divider, (d) Wilkinson unequal power divider dan transformator $\lambda/4$, (e) elemen peradiasi, (f) Dimensi, dan (g) bagian yang diperbesar (zoom-in). Hasil perhitungan optimum untuk mendesain antena 64 elemen dituliskan pada Tabel. 4.

Design 64 Element Microstrip Antenna Array for Capturing Data from Himawari-8 Satellite

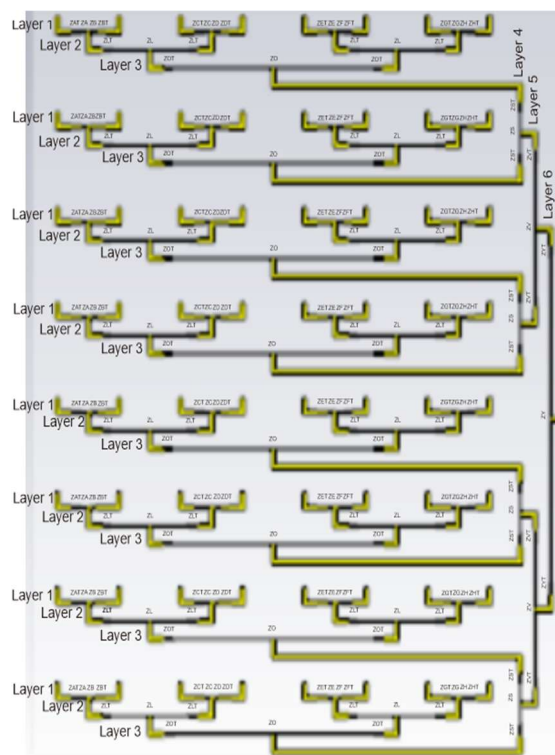


(a)

(b)

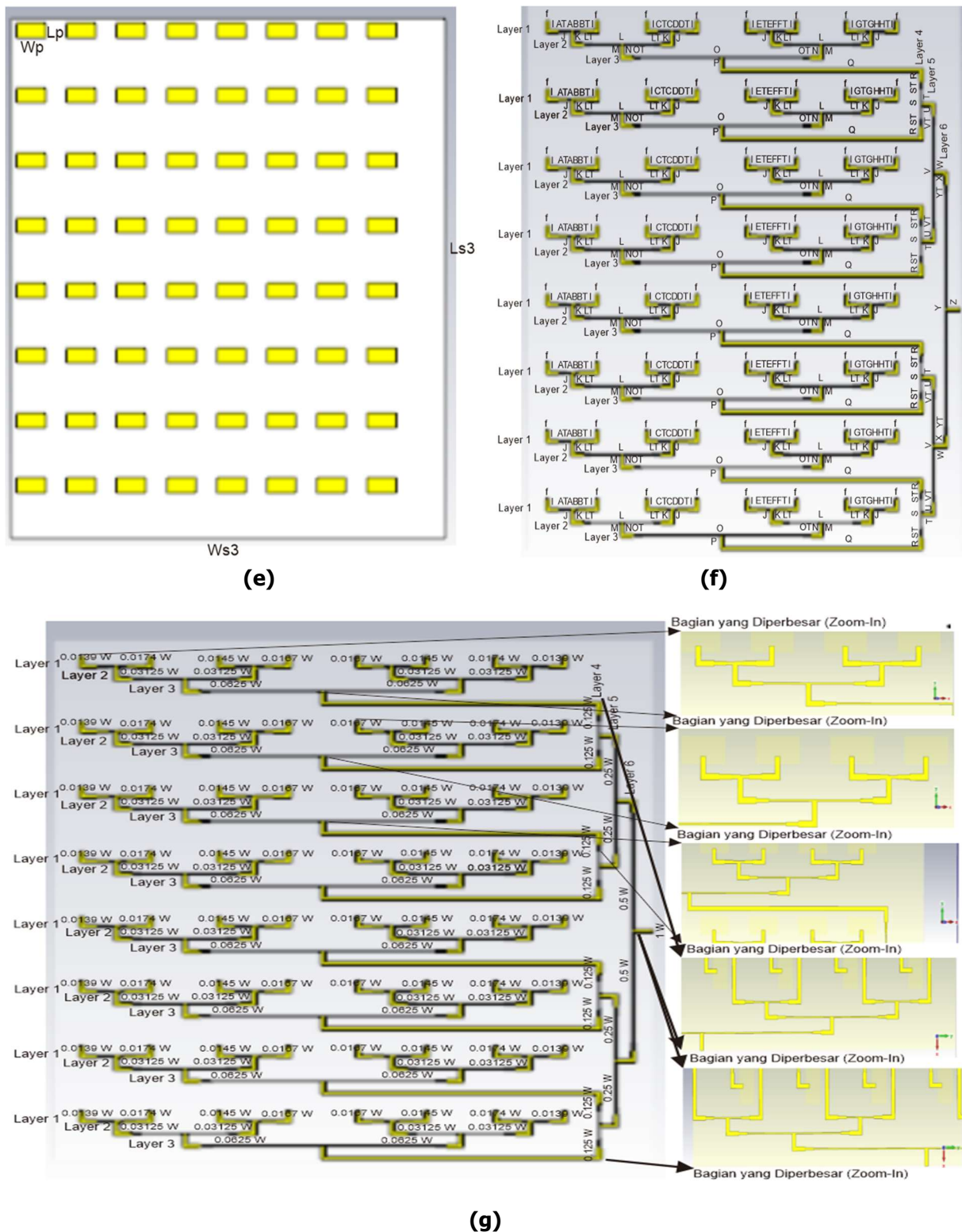


(c)



(d)

Gambar 3. Desain Antena 64 Elemen: (a) Bagian Atas, Bagian Tengah, dan Bagian Bawah, (b) Distribusi Amplitudo Dolph-Chebyshev, (c) Wilkinson Unequal Power Divider, (d) Wilkinson Unequal Power Divider dan Transformator $\lambda/4$, (e) Elemen Peradiasi, (f) Dimensi, dan (g) Bagian yang Diperbesar (Zoom-In)



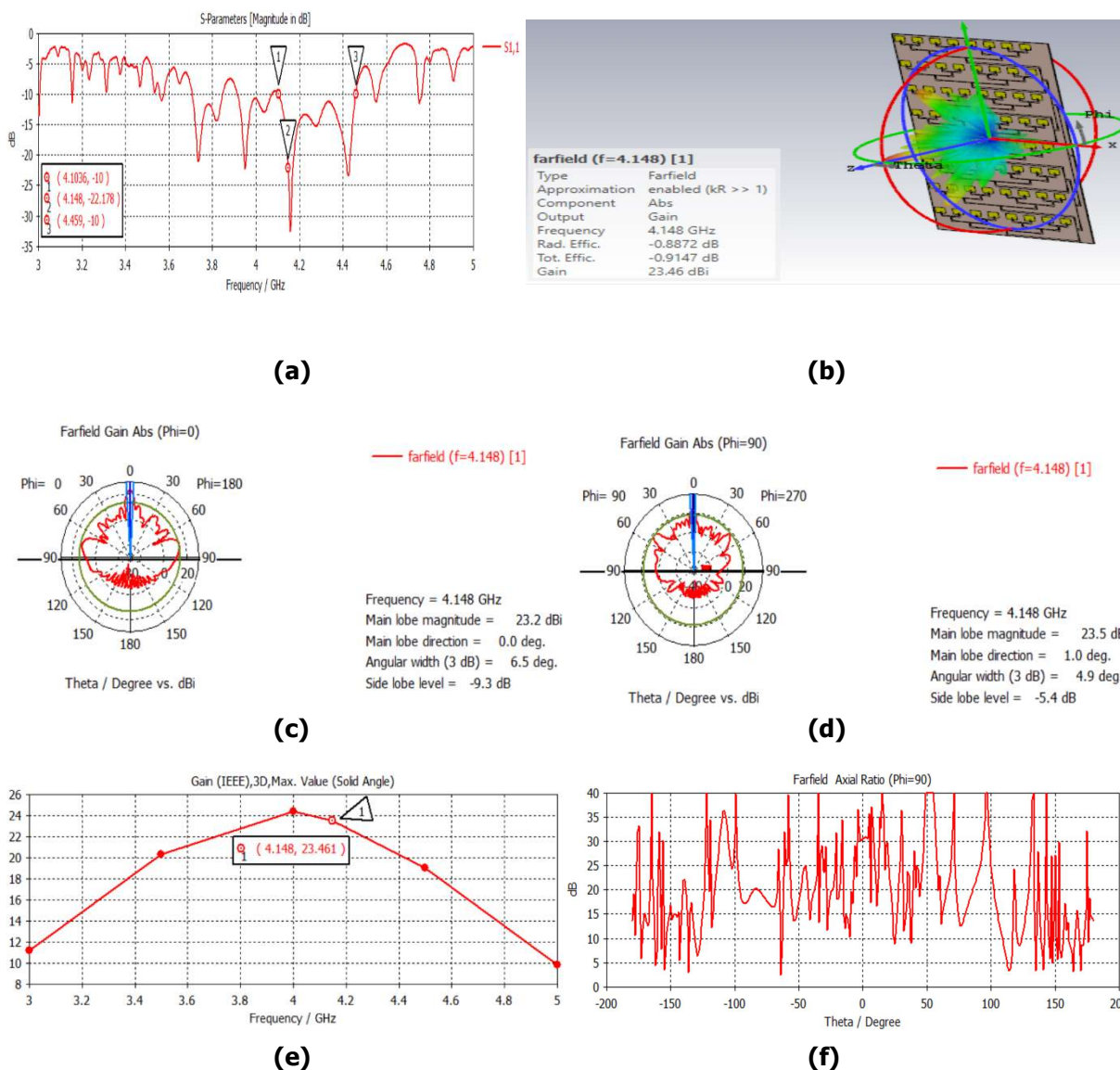
Gambar 3. Desain Antena 64 Elemen: (a) Bagian Atas, Bagian Tengah, dan Bagian Bawah, (b) Distribusi Amplitudo Dolph-Chebyshev, (c) Wilkinson Unequal Power Divider, (d) Wilkinson Unequal Power Divider dan Transformator $\lambda/4$, (e) Elemen Peradiasi, (f) Dimensi, dan (g) Bagian yang Diperbesar (Zoom-In) (Lanjutan)

Tabel 4. Dimensi Antena 64 Elemen

| Variabel | Dimensi (mm) |
|--|---------------------|
| Lp | 21,31 |
| Wp | 42,39 |
| Ls3 | 752 |
| Ws3 | 627,94 |
| Lf = LI = LK = LN = LR = LU = LX | 17,89 |
| Wf = WI = WJ = WK = WM = WN = WP = WQ = WR = WT = WU = WW = WX = WZ | 4,93 |
| LA = LB = LC = LD = LE = LF = LG = LH | 8,55 |
| WA = WH | 2,28 |
| LAT = LBT = LCT = LDT = LET = LFT = LGT = LHT = LLT = LOT = LST = LVT = LYT | 12,19 |
| WAT = WHT | 3,42 |
| WB = WG | 3,38 |
| WBT = WGT | 4,08 |
| WC = WF | 2,46 |
| WCT = WFT | 3,54 |
| WD = WE | 3,17 |
| WDT = WET | 3,97 |
| LJ = LM = LT = LW | 19,5 |
| LL | 89,44 |
| LO | 234,06 |
| LP = LZ | 20 |
| LS | 38,76 |
| LQ | 284,38 |
| LV | 132,78 |
| LY | 320,78 |
| WL = WO = WS = WV = WY | 1,42 |
| WLT = WOT = WST = WVT = WYT | 2,81 |

Pada Gambar 4. menunjukkan hasil simulasi desain antena 64 elemen: (a) S-Parameters, (b) Gain, (c) E-plane, (d) H-plane, (e) Grafik gain, dan (f) Axial Ratio. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena 64 elemen dapat beroperasi pada frekuensi 4,1036 – 4,459 GHz dan memiliki gain 23,46 dB pada frekuensi 4,148 GHz. Antena 64 elemen memiliki pola radiasi terarah (directional radiation patterns). E-Plane pada antena 64 elemen menunjukkan 3 dB beamwidth sebesar 6,5 derajat dengan arah pada lobus utama (main lobe) sebesar 0 derajat, sedangkan H-Plane pada antena 64 elemen menunjukkan 3 dB beamwidth sebesar 4,9 derajat dengan arah pada lobus utama (main lobe) sebesar 1 derajat. Sidelobe level -9.3 dB pada hasil simulasi bukan kegagalan metode Dolph-Chebyshev, melainkan mencerminkan trade-off design yang dipilih antara gain, beamwidth, dan sidelobe level; limitasi implementasi praktis dari feed network yang kompleks; kebutuhan optimasi multi-objektif yang mempertimbangkan seluruh parameter antena secara simultan. Keunggulan metode Dolph-Chebyshev adalah kemampuannya menghasilkan pola antena yang optimal, dengan sidelobe level yang seragam dan beamwidth yang sangat fokus (sesempit mungkin). Penelitian ini tidak membahas mengenai distribusi uniform, melainkan distribusi unequal. Penelitian ini hanya menggunakan simulasi CST Microwave Studio sebagai satu-satunya metode evaluasi kinerja antena setelah dilakukan perhitungan secara matematis.

Stasiun bumi pengirim memiliki sejumlah spesifikasi teknis yang mencakup pengoperasian pada frekuensi uplink C-band sebesar 6,175 GHz dengan lebar pita 25 MHz. Sistem ini menggunakan antenna parabola berdiameter 7 meter yang memiliki tingkat efisiensi 65% dan menghasilkan penguatan transmisi 51,24 dBi. Dengan daya pancar 850 Watt, sistem ini mencapai EIRP sebesar 80,54 dBW. Mengingat jarak operasional antara stasiun bumi dan satelit berkisar 35.778-41.679 km, dengan jarak aktual 38.500 km, maka redaman lintasan yang terjadi mencapai 199,97 dB. Dengan mempertimbangkan lebar pita 25 MHz dan rasio G/T satelit sebesar -0,7 dB/K, diperoleh nilai C/N uplink sebesar 94,48 dB. Sementara itu, stasiun bumi penerima beroperasi pada frekuensi downlink C-band 4,148 GHz menggunakan antenna parabola berdiameter 2,4 meter dengan efisiensi yang sama yaitu 65%. Sistem penerima ini memiliki temperatur derau 140K dan penguatan penerimaan 38,49 dBi. Dengan EIRP downlink 35,5 dBW, redaman lintasan mencapai 196,51 dB, sehingga menghasilkan nilai C/N downlink 70,63 dB. Ketika kedua sisi komunikasi digabungkan, sistem secara keseluruhan menghasilkan nilai C/N total sebesar 19,54 dB (**Limited, 2021**) (**Darmawan & Apriono, 2022**) (**Darmawan, dkk, 2024**).



Gambar 4. Hasil Simulasi Desain Antena 64 Elemen: (a) S-Parameters, (b) Gain, (c) E-plane, (d) H-plane, (e) Grafik gain, dan (f) Axial Ratio

Tabel 5. Perbandingan Parameter Antena antara Desain 4x4, 1x8, dan 8x8

| Parameter | Array Planar 4x4 (Darmawan & Apriono, 2022) | Array Linear 1x8 (Darmawan, dkk, 2024) | Array 64 Elemen (Penelitian ini) |
|--------------------------------|--|---|---|
| Dimensi Total | 376 mm × 320,75 mm × 3,255 mm | 94 mm × 564,99 mm × 3,255 mm | 752 mm × 627,94 mm × 3,255 mm |
| Gain | 26,57 dB | 30,69 dB | 23,46 dB |
| Reflektor Parabolik | Ya (diperlukan) | Ya (diperlukan) | Tidak diperlukan |
| Kompleksitas Manufaktur | Tinggi | Tinggi | Rendah |

Perbandingan parameter antena antara desain 4x4, 1x8, dan 8x8 dituliskan pada Tabel. 5. Keunggulan Dimensi Desain yang Diusulkan, yaitu: 1. Eliminasi Reflektor Parabolik. Desain baru tidak memerlukan reflektor parabolik, yang secara signifikan mengurangi kompleksitas struktur keseluruhan, mengurangi kebutuhan material tambahan, dan mengurangi proses manufaktur yang rumit; 2. Efisiensi Dimensi. Meskipun dimensi patch array lebih besar (752 mm × 627,94 mm), total sistem menjadi lebih kompak karena tidak membutuhkan reflektor parabolik dan ketebalan tetap sama (3,255 mm) menunjukkan konsistensi dalam desain substrat; 3. Trade-off Performa. Gain sedikit lebih rendah (23,46 dB vs 26,57-30,69 dB), namun tetap memenuhi persyaratan untuk menangkap data satelit Himawari-8, dan efisiensi mencapai 96,35% yang sangat tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang antena mikrostrip array 64 elemen dengan konfigurasi persegi panjang yang memiliki performa tinggi untuk menangkap data dari satelit Himawari-8. Antena yang dikembangkan menggunakan substrat Rogers RT/Duroid-5880 dengan konstanta dielektrik 2,2 dan ketebalan 1,575 mm dalam struktur dua lapis. Dengan menerapkan beberapa teknik canggih seperti proximity coupled feed, corporate feed, metode Dolph-Chebyshev, dan Wilkinson unequal power divider, antena ini mencapai spesifikasi kinerja yang mengesankan. Hasil pengujian menunjukkan antena beroperasi pada rentang frekuensi 4,1036-4,459 GHz dengan bandwidth 355,4 MHz, memiliki gain 23,461 dB dan directivity 24,35 dB pada frekuensi 4,148 GHz. Antena juga menunjukkan efisiensi yang sangat baik mencapai 96,35% dengan pola radiasi yang ditandai oleh HPWB 6,5° secara horizontal dan 4,9° secara vertikal. Penelitian ini berhasil mengatasi gap penelitian sebelumnya dengan mengembangkan desain antena yang kompak tanpa menggunakan reflektor parabolik, sehingga mengurangi kebutuhan material dan menyederhanakan proses manufaktur sambil tetap mempertahankan kinerja gain yang tinggi. Dimensi keseluruhan antena adalah 752 mm × 627,94 mm × 3,255 mm, menjadikannya solusi yang efektif dan efisien untuk stasiun bumi yang menerima data dari satelit Himawari-8.

DAFTAR RUJUKAN

Bakariya, P. S., Dwari, S., Sarkar, M., & Mandal, M. K. (2015). Proximity-Coupled Microstrip Antenna for Bluetooth, WiMAX, and WLAN Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 14, 755–758. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2014.2379611>

- Bakariya, P. S., Dwari, S., Sarkar, M., & Mandal, M. K. (2015). Proximity-Coupled Multiband Microstrip Antenna for Wireless Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 14, 646–649. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2014.2376693>
- Bessho, K., Date, K., Hayashi, M., Ikeda, A., Imai, T., Inoue, H., Kumagai, Y., Miyakawa, T., Murata, H., Ohno, T., Okuyama, A., Oyama, R., Sasaki, Y., Shimazu, Y., Shimoji, K., Sumida, Y., Suzuki, M., Taniguchi, H., Tsuchiyama, H., Yoshida, R. (2016). An Introduction to Himawari-8/9 – Japan’s New Generation Geostationary Meteorological Satellites. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 94(2), 151–183. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2016-009>
- Constantine A. Balanis. (2016). *Antenna Theory Analysis And Design* (4 ed.). John Wiley & Sons.
- D. M. Pozar. (2024). *Microwave Engineering* (5 ed.). John Wiley & Sons.
- Darmawan, M. R., & Apriono, C. (2022). A 4x4 Microstrip Feeder Antenna Design using Dolph-Chebyshev for Receiving Himawari-8 Satellite Data. *2022 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*, (pp. 270–276). <https://doi.org/10.1109/COMNETSAT56033.2022.9994393>
- Darmawan, M. R., Apriono, C., Cahyadi, W., Rizkiyah R., C. P., Endi Pratama, D., & Triputradi, Moh. E. (2024). Development a Microstrip Antenna Array with 8 Elements and Dolph-Chebyshev Distribution for Capturing Signals from the Himawari-8 Satellite. *2024 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT)*, (pp. 141–146). <https://doi.org/10.1109/ICEECIT63698.2024.10860221>
- Gravas, I. P., Zaharis, Z. D., Yioultis, T. V., Lazaridis, P. I., Mistry, K. K., & Xenos, T. D. (2019). Optimal Synthesis of Feeding Network for Implementation of Dolph–Chebyshev Current Distribution on Microstrip Antenna Arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(10), 6672–6676. <https://doi.org/10.1109/TAP.2019.2925276>
- Kumar, D. S., & Suganthi, S. (2017). Performance Analysis of Optimized Corporate-Fed Microstrip Array for ISM Band Applications. *2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, (pp. 1013–1016). <https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8299915>
- Letu, H., Nagao, T. M., Nakajima, T. Y., Riedi, J., Ishimoto, H., Baran, A. J., Shang, H., Sekiguchi, M., & Kikuchi, M. (2019). Ice Cloud Properties from Himawari-8/AHI Next-Generation Geostationary Satellite: Capability of the AHI to Monitor the DC Cloud

- Generation Process. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(6), 3229–3239. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2882803>
- Mariyanto, A. S. S., Irfan, Muh., Ariessaputra, S., & Mustiko, O. M. C. (2017). Design and Realization of Microstrip Antenna for GPS Application using Proximity Coupled Techniques. *2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*, (pp. 1–4). <https://doi.org/10.1109/TSSA.2017.8272922>
- Nie, W., Wen, H.-Z., Xu, K.-D., Luo, Y.-Q., Yang, X.-L., & Zhou, M. (2022). A Compact 4×4 Filtering Microstrip Patch Antenna Array with Dolph-Chebyshev Power Distribution. *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation*, 3, 1057–1062. <https://doi.org/10.1109/OJAP.2022.3204926>
- Ogurtsov, S., & Koziel, S. (2018). On Alternative Approaches to Design of Corporate Feeds for Low-Sidelobe Microstrip Linear Arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(7), 3781–3786. <https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2823915>
- Satellite Signals Limited. (2021). *Satellite Link Budget Calculator*. <https://www.Satsig.Net/Linkbugt.Htm>
- Wen, L.-H., Gao, S., Luo, Q., Tang, Z., Hu, W., Yin, Y., Geng, Y., & Cheng, Z. (2018). A Balanced Feed Filtering Antenna With Novel Coupling Structure for Low-Sidelobe Radar Applications. *IEEE Access*, 6, 77169–77178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2878793>
- Widiandari, R., & Munir, A. (2016). Proximity Coupled X-Band Patch Antenna Array with Dual Polarization. *2016 International Electronics Symposium (IES)*, (pp. 165–168). <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2016.7860995>
- Yu, F., Wu, X., Shao, X., & Kondratovich, V. (2016). Evaluation of Himawari-8 AHI Geospatial Calibration Accuracy using SNPP VIIRS SNO Data. *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, (pp. 2925–2928). <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7729755>