

Analisis Perubahan Fasa Terhadap Pola Radiasi untuk Pengarahan Berkas Antena Stasiun Bumi

Christian Mahardhika¹, Kevin Jones Sinaga², Muhammad Arsyad³,
Bambang Setia Nugroho⁴, Budi Syihabuddin⁵

Fakultas Teknik Elektro, Telkom University^{1,2,3,4,5}
{christian.mahardhika, kevinjonesandreas, muh.arsyad11}@gmail.com
{bambangsetianugroho, budisyihab}@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena cerdas digunakan dalam berbagai fungsi salah satunya sebagai pengarah berkas antena pada *Telemetry, Tracking, & Command* (TT&C). Dalam mengubah arah pola radiasi antena dapat dengan cara mengubah amplitudo catuan, jarak antena, dan fasa catuan. Pada penelitian ini digunakan metode mengubah fasa catuan sebagai pengubah arah pola radiasi antena. Antena bekerja pada frekuensi 2,3 – 2,45 GHz. Pada hasil simulasi yang didapat, fasa input yang diubah terhadap antena akan menimbulkan perubahan arah pola radiasi di sumbu elevasi dan azimuth. Dengan perubahan yang terjadi pada sumbu elevasi didapatkan perubahan sudut maksimum mulai dari 345^o, 5^o, 10^o dan 5^o dengan gain antara 5.1426 dB sampai 8,2578 dB.

Kata Kunci: *TT&C, Beamforming, Smart Antenna*

1. Pendahuluan

Pola radiasi pada antena susunan dapat dirubah dengan cara mengubah amplitudo catuan, jarak antena, dan fasa catuan antena [1]. Salah satu cara untuk mengubah fasa catuan dengan menggunakan butler matriks. Butler matrix memiliki N x N port masukan dan keluaran, sehingga untuk merubah input pada satu port menjadi beberapa port, diperlukan pembagi daya dari satu port ke N port. Pada penelitian [2] Power Divider digunakan untuk mengatur input catuan dari butler matriks. Untuk mengatur fasa, masukan dari power divider diatur menggunakan logika 1 dan 0 untuk mengatur fasa input Antena. Pada penelitian [3] membuat antena cerdas pada band ISM menggunakan butler matriks 4x4. Dari riset tersebut pola radiasi antena dapat diubah-ubah baik *azimuth* maupun *elevasi*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan fasa catuan terhadap perubahan pola radiasi sehingga dapat digunakan sebagai pengarah berkas antena pada sistem *Tracking, Telemetry & Command* (TT&C) untuk nano satelit yang sudah diawali dengan penelitian [2]. Dengan mendapatkan perubahan pola radiasi antena, maka tidak memerlukan rotator sebagai pengarah pola radiasinya [4]. Untuk mengetahui perubahan pola radiasi, menggunakan prinsip dari antena susunan (array) yang dapat diubah pada parameter jarak antar antena, arus catuan antena serta fasa catuan antena [5]. Pada penelitian ini dilakukan perubahan fasa

catuan antena dengan kombinasi selisih fasa sebesar 45 derajat.

Adapun antena ini bekerja pada frekuensi 2.3-2.45 GHz sesuai dengan alokasi frekuensi amatir radio di S-Band [6]. Pada frekuensi tersebut, dapat diaplikasikan sebagai TT&C sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan [7] tentang modul TT&C untuk satelit komunikasi mini pada orbit LEO (Low Earth Orbit).

2. Antena Mikrostrip

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik tanpa perlu kabel. Antena mikrostrip adalah antena yang mempunyai bentuk seperti *strip* atau potongan tipis yang memiliki ukuran kecil. Antena mikrostrip terdiri sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik, pada sisi lainnya terdapat *groundplane* dan diantara keduanya terdapat substrat dielektrik. Substrat inilah yang menentukan ukuran dari *patch* [8].

Gambar 1 adalah struktur dari antena mikrostrip *patch* persegi panjang. Persamaan (1) – (7) digunakan untuk mendapatkan dimensi antena. Lebar antena mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan [5]:

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

Dimana:

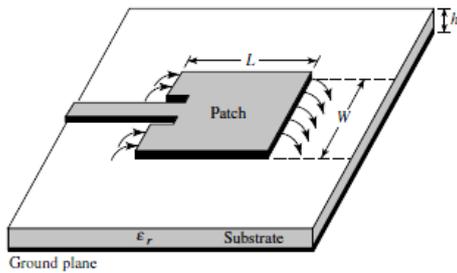
c : kecepatan cahaya di ruang bebas (3.10^8 m/s)

f_r : frekuensi kerja antenna yang diinginkan (Hz)

ϵ_{reff} : Dielektrik konstan efektif

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

h : tinggi substrat (m)



Gambar 1 Struktur Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang ΔL tersebut dirumuskan sebagai berikut[5]:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (3)$$

Dengan panjang *patch* (L) dapat dirumuskan:

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L \quad (4)$$

μ_0 =konstanta dielektrik ($4\pi \times 10^{-7}$ F/m)

ϵ_0 =konstanta dielektrik ruang hampa ($8,85 \times 10^{-12}$ C²/Nm²)

Menentukan Lebar feed dan Inset distance[5]

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left[\frac{8h}{W_0} + \frac{W_0}{4h} \right]; \frac{W_0}{h} \leq 1 \quad (5)$$

$$Z_c = \sqrt{\epsilon_{reff}} \left[\frac{W_0}{h} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{W_0}{h} + 1,444 \right) \right]; \frac{W_0}{h} > 1 \quad (6)$$

$$R_n(y = y_0) = \frac{1}{2(G1 \pm G12)} \cos^2 \left(\frac{\pi y_0}{L} \right) = R_n(y = 0) \cos^2 \left(\frac{\pi y_0}{L} \right) \quad (7)$$

dimana:

W_0 = Lebar Feed

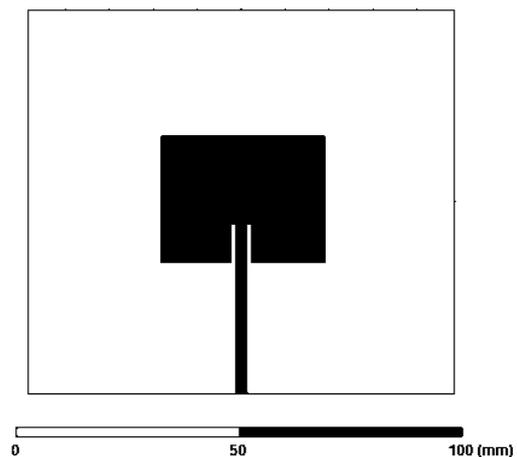
y_0 = InsetDistance

3. Perancangan dan Analisa

Antena yang dirancang adalah antena dengan bentuk *patch* persegi yang kemudian disusun sebanyak 4 elemen. Masing-masing elemen antena akan dicatu menggunakan teknik *inset fed*. Spesifikasi dari antena yang akan dicapai adalah frekuensi kerja berada pada 2,375 GHz dengan rentang frekuensi mulai dari 2,3 hingga 2,45 GHz.

Pada rentang frekuensi tersebut, diharapkan VSWR yang dicapai nilainya berada di bawah 2, sedangkan return loss yang dicapai di bawah -10 dB. Impedansi saluran yang digunakan adalah 50 Ω . Sementara pola radiasi yang akan dicapai adalah berbentuk unidireksional, di mana pada radiasi tertinggi mencapai *gain (peak gain)* hingga 5 dB.

Sebelum antena disusun dalam bentuk 4 elemen, antena dengan *patch* persegi dianalisa terlebih dahulu dalam kondisi 1 *patch*. Gambar 2 adalah rancangan dan ukuran antena. Antena kemudian disimulasikan untuk melihat apakah parameter antena tersebut telah mencapai spesifikasi yang diinginkan.



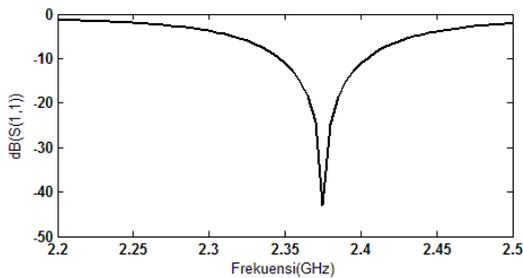
Gambar 2. Desain Antena Tunggal

Gambar 3 – 6 adalah hasil simulasi antena dengan *patch*. Dari grafik pada gambar 3, terlihat antena dengan *patch* tunggal tersebut telah mencapai spesifikasi *return loss*, dengan *return loss* terendah pada frekuensi tengah

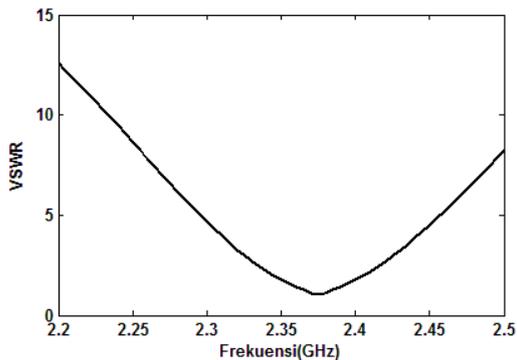
antena yaitu sebesar -43,0025 dB. Sementara itu, dengan melihat gambar 4, VSWR yang dicapai pada frekuensi 2,375 GHz adalah sebesar 1.0143 di mana sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Pola radiasi antenna diamati dari gambar 5 dan gambar 6, di mana pola radiasi yang terbentuk adalah unidireksional, sehingga juga telah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan.

Tabel 1: Ukuran dari Antena Patch Persegi

Variabel	Ukuran (mm)	Informasi
w	36,36	Lebar Patch
l	28,02	Panjang Patch
yo	9	Panjang Gap Inset Fed
wo	2,5	Lebar Gap Inset Fed
Lambda	60,22	Panjang Gelombang
L_groundplane	l+lamda	Panjang Groundplane dan Substrat
W_groundplane	w+lamda	Lebar Groundplane dan Substrat



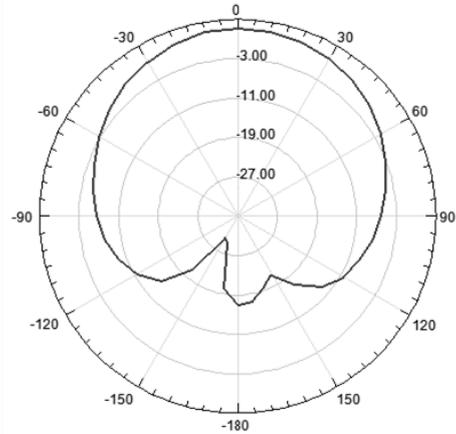
Gambar 3. Grafik Parameter S_{11} Antena Patch Tunggal



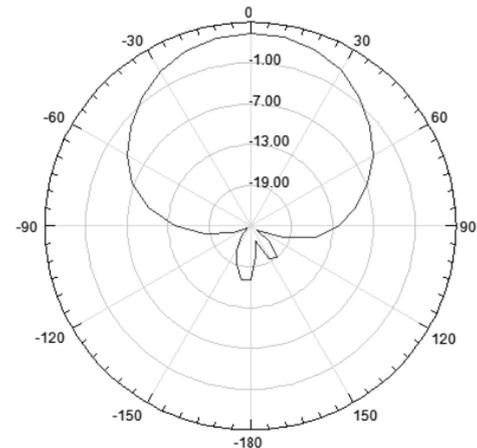
Gambar 4. Grafik Parameter VSWR Antena Patch Tunggal

Antena dengan patch tunggal telah memenuhi spesifikasi yang ingin dicapai. Antena kemudian disusun hingga 4 elemen dengan tujuan menyesuaikan rangkaian *butler matrix* dan

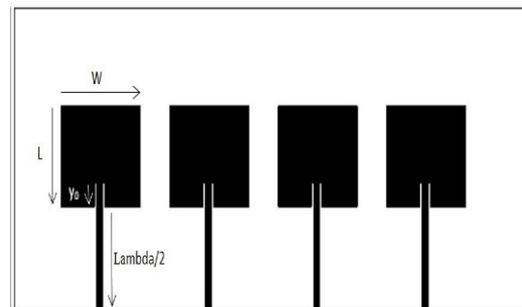
phase shifter pada sistem. Untuk mencegah terjadinya induksi antar antenna, maka masing-masing antenna diberikan jarak minimal $\lambda/4$.



Gambar 5. Grafik Pola Radiasi Azimuth Antena Patch Tunggal



Gambar 6. Grafik Pola Radiasi Elevasi Antena Patch Tunggal



Gambar 7. Desain Antena dengan 4 Elemen

Pada susunan antenna 4 elemen ini, antenna akan diubah fasa inputannya secara bertahap untuk melihat dampaknya terhadap parameter-parameter antenna. Hal ini untuk mensimulasikan kerja antenna ketika telah dipasangkan dengan *butler matrix*. Gambar 8 – 11 adalah hasil simulasi antenna 4 elemen dengan fasa input yang sama.

Dari grafik pada gambar 8, nilai return loss antenna masih mencapai spesifikasi yaitu di bawah -10 dB pada rentang frekuensi yang diinginkan serta nilai *return loss* terendah sebesar -13.9284 dB. Setiap *return loss* dari masing-masing elemen telah bekerja pada frekuensi kerja yang sama. Pada gambar 9, dapat diamati bahwa VSWR yang didapat menurun dibandingkan ketika antenna disusun tunggal. VSWR terendah dicapai sebesar 1.6795 pada frekuensi 2.375 GHz. Pada gambar 10 dan 11, dapat diamati pola radiasi tetap berbentuk unidireksional serta gain mencapai 8.66 dB.

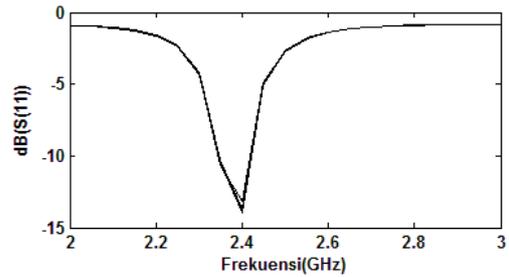
Tabel 2: Ukuran dari Antena dengan 4 Patch

Variabel	Ukuran (mm)	Informasi
w	37,16	Lebar Patch
l	28,75	Panjang Patch
yo	8	Panjang Gap Inset Fed
wo	2,9	Lebar Gap Inset Fed
Lambda	60,22	Panjang Gelombang
L_groundplane	88,97	Panjang Groundplane dan Substrat
W_groundplane	246,02	Lebar Groundplane dan Substrat
d	52,215	Jarak antar patch

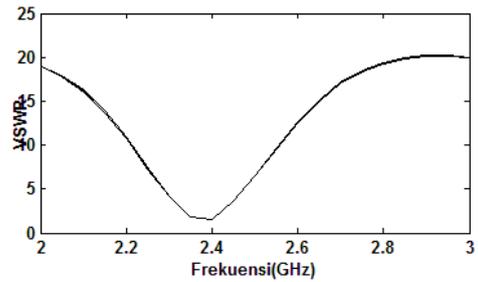
Dari pola radiasi antenna yang diamati elevasi dan azimuth, didapat bahwa pola radiasi ke arah elevasi mengalami perubahan yang kecil. Sementara pola radiasi di arah azimuth mengalami perubahan signifikan dimana radiasi menjadi lebih tersebar.

Pengujian *return loss*, VSWR dan pola radiasi ini dilakukan ketika input di masing-masing *port* masih memiliki fasa sebesar 0° . Pada pengujian selanjutnya, fasa dari input akan diubah secara bertahap untuk mensimulasikan kinerja antenna ketika telah dimasukkan ke dalam sistem. Setelah fasa diubah, maka akan diamati dampaknya pada *return loss*, VSWR dan pola radiasinya.

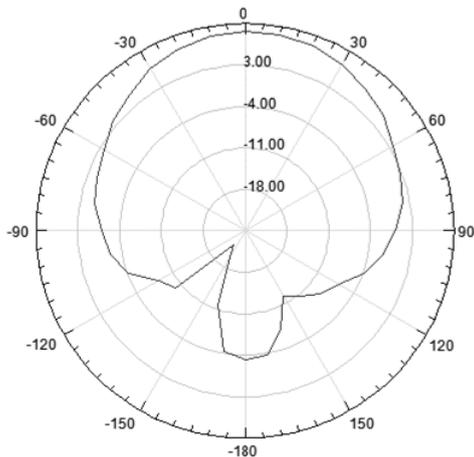
Pada gambar 12, dapat diamati perubahan pola radiasi antenna dari sumbu elevasi jika fasa input masing-masing port diubah hingga 45° . Ketika antenna memiliki fasa input di masing-masing port sebesar 0° 45° 90° 135° , dapat dilihat antenna memiliki gain puncak di 345° sebesar 8,2578 dB. Apabila diamati dan dibandingkan dengan antenna yang fasa input sebesar 0° di setiap port, maka gain menjadi turun lebih kecil serta pola radiasi yang bergeser -15° .



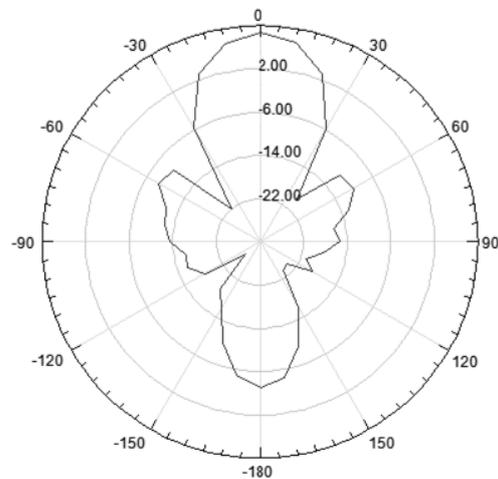
Gambar 8. Grafik Parameter S_{11} Antena 4 Patch



Gambar 9. Grafik Parameter VSWR Antena 4 Patch



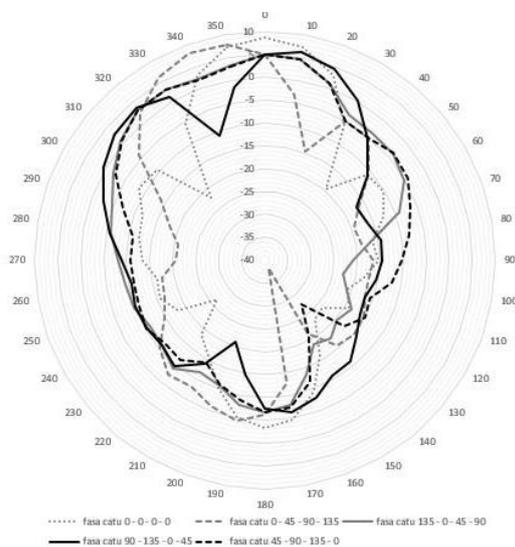
Gambar 10. Grafik Pola Radiasi Azimuth Antena 4 Patch dengan Fasa Tiap Port Sama 0°



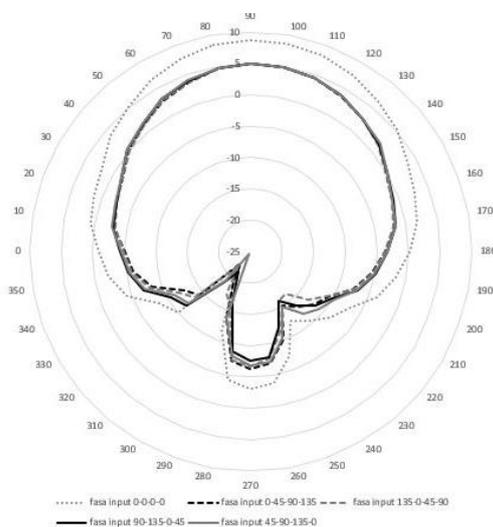
Gambar 11. Grafik Pola Radiasi Elevasi Antena 4 Patch dengan Fasa Tiap Port Sama 0°

Kemudian, diamati kembali perubahan pola radiasi antenna dari sumbu elevasi jika fasa input masing-masing port diubah menjadi $45^{\circ}90^{\circ}135^{\circ}0^{\circ}$. Diamati bahwa antenna memiliki gain puncak di 5° sebesar 5.1723 dB. Didapatkan dari tiga pengamatan tersebut bahwa gain semakin mengecil.

Kemudian, diamati kembali perubahan pola radiasi antenna dari sumbu elevasi jika fasa input masing-masing port diubah menjadi $90^{\circ}135^{\circ}0^{\circ}45^{\circ}$. Diamati bahwa antenna memiliki gain puncak di 10° sebesar 6.1854 dB. Sementara bila input fasa diubah menjadi $135^{\circ}0^{\circ}45^{\circ}90^{\circ}$, didapatkan gain pucak di 5° sebesar 5.1426 dB.



Gambar 12. Grafik Pola Radiasi Elevasi Antena 4 Patch dengan Fasa Tiap Port Berbeda



Gambar 13. Grafik Pola Radiasi Azimuth Antena 4 Patch dengan Fasa Tiap Port Berbeda

Gambar 13 menunjukkan hasil dari perubahan fasa catu antenna terhadap perubahan pola radiasi pada arah azimuth. Dengan melakukan perubahan fasa catu $0^{\circ} 45^{\circ} 90^{\circ} 135^{\circ}$, $135^{\circ}0^{\circ} 45^{\circ} 90^{\circ}$, $90^{\circ} 135^{\circ} 0^{\circ} 45^{\circ}$ dan $45^{\circ} 90^{\circ} 135^{\circ}0^{\circ}$ didapatkan gain maksimum berada pada sudut 90 derajat dengan nilai berurutan sebesar 4,97 dB, 4,91 dB, 5 dB dan 4,98 dB. Lebih kecil dibandingkan tanpa perbedaan fasa catu, dengan gain sebesar 8,67 dB.

Dari gambar 12 dan 13, dapat diamati bahwa perubahan fasa input akan mengakibatkan pergeseran arah radiasi antenna, baik di sumbu elevasi maupun azimuth. Pergeseran fasa juga mengakibatkan penurunan gain serta bentuk pola radiasi yang lebih menyebar.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan terjadi perubahan pola radiasi dengan cara merubah fasa catu dari antenna susunan. Fasa catu yang ubah memiliki perbedaan fasa sebesar 45 derajat dengan kombinasi 4 buah urutan yang berbeda. Untuk diaplikasikan pada penerima stasiun bumi, perubahan yang diamati pada sumbu elevasi karena antenna diletakkan sejajar dengan bumi. Pada sumbu elevasi, didapatkan perubahan sudut maksimum mulai dari 345° , 5° , 10° dan 5° dengan gain antara 5.1426 dB sampai 8,2578 dB.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Telkom melalui skema Penelitian Dana Internal tahun 2016 tahap kedua.

Daftar Pustaka

- [1] J. D. Kraus, "Antennas for all Applications 2nd Ed John D kraus.pdf." TATA MacGRAW-HILL, New Delhi, 1997.
- [2] C. Mahardika, B. S. Nugroho, B. Syihabuddin, A. D. Prasetyo, and A. P. Divider, "Modified Wilkinson Power Divider 1 to 4 at S-Band," *Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy, Commun. 2016 (ICCEREC 2016)*, pp. 5–8, 2016.
- [3] M. A. Eleiwa, "Design and Implementation of a Smart Antenna Using Butler Matrix for ISM-band," pp. 1–5, 2009.
- [4] R. S. Anggara, H. Wijanto, A. D. Prasetyo, and B. Syihabuddin, "Automated Ground Station with Customized Rotator for Antenna Pointing using Compass Sensor," no. November, pp. 59–64, 2014.
- [5] C. a. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. Arizona: A JOHN WILEY & SONS, INC, 2012.
- [6] K. Umum, K. Kepolisian, Republik Indonesia, and S. D. Postel, *Organisasi amatir radio indonesia*, no. 021. Indonesia,

- 2009, pp. 1–9.
- [7] G. Roeser and R. Goldsmith, “MINIATURE TT&C MODULE FOR SMALL SATELLITES IN LOW EARTH ORBITS,” *5th ESA Int. ...*, no. September, pp. 21–23, 2010.
- [8] I. Singh and V. S. Tripathi, “Micro strip Patch Antenna and its Applications : a Survey,” vol. 2, no. 5, pp. 1595–1599, 2011.