

Antena Array Mikrostrip Slot Dengan Tuning-Stubs Untuk Ku-Band *Electronic Support Measure (ESM)*

Retno Tri Cahyanti¹, Bambang Setia Nugroho², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University
Jalan Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung, 40257, Indonesia

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung
retnotric@student.telkomuniversity.ac.id¹, bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id²,
yuyu@ppet.lipi.go.id³

Abstract – This paper introduces design array Mikrostrip Slot Antenna that can be used in an Electronic Support Measure (ESM). ESM is electronic device that use to receive electromagnetic signal and to monitor other radar electromagnetic signal. So, it should proposed cover radar frequency signal, one of them is Ku-Band that has wide band. The antenna comprises an 8-element array that used aperture coupling for exiting the array elements. The antenna bandwidth it about 6.2 GHz in Ku-Band Frequency. Antenna aperture coupling technique has back radiation, so it needed reflector that has been laid at $\lambda_o/4$ apart from the feed. Partial ground plane is used as another way to make bandwidth wider. Tuning stub is used as impedance network. Antenna was design using rogers RT5880 with values $\epsilon_r = 2.2$ and height = 1.57 mm, as a result linear polarization, gain 7.99 dB, directional radiation pattern, 28.4°Azimuth beamwidth and 23.4°Elevation beamwidth. With these specifications, the proposed antenna is capable in Electronic Support Measure.

Keyword: Electronic Support Measure, Ku-Band, Array Mikrostrip Slot Antenna

1. Pendahuluan

Di era teknologi yang semakin modern ini, sistem keamanan dan pertahanan suatu wilayah sedang menjadi sorotan. Terlebih bagi negara yang memiliki banyak pulau seperti Indonesia. Menurut data statistik tahun 2015 menyatakan bahwa jumlah pulau di Indonesia sebanyak 17.504 pulau [1]. Selain itu, Indonesia merupakan negara yang menjadi lalu lintas perdagangan Asia. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat menjaga dan mengawasi wilayah NKRI (Negara Kesatuan Republik Indonesia). Salah satu alat yang menunjang dalam menjaga dan mengawasi wilayah NKRI adalah ESM (*Electronics Support Measure*).

ESM (*Electronics Support Measure*) merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik, melakukan penyadapan, mengkarakterisasi, mengenali dan menentukan lokasi dari sumber energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh peralatan radar [2]. Menurut [3], alokasi frekuensi radio untuk radar berada pada HF-band hingga W-Band.

Tabel alokasi frekuensi menurut standar IEEE adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Alokasi frekuensi radar [3]

No.	Band	Rentang Frekuensi
1	HF	3-20 MHz
2	VHF	30-300MHz
3	UHF	300-1000MHz
4	L	1-2 GHz
5	S	2-4 GHz
6	C	4-8 GHz
7	X	8-12 GHz
8	Ku	12-18 GHz
9	K	18-27 GHz
10	Ka	27-40 GHz
11.	V	40-75 GHz
12.	W	75-110 GHz

Sedangkan ESM yang sedang dikembangkan oleh LIPI dapat mendeteksi dalam rentang frekuensi 2-18 GHz, yang mana mencakup S-band, C-band, X-band dan Ku-band.

Dalam penelitian ini, disimulasikan antena array mikrostrip slot dengan frekuensi Ku-Band yang memiliki bandwidth 6.2 GHz. Pelebaran bandwidth dilakukan dengan konfigurasi array 8-element dengan teknik pencatutan *aperture coupled*. Pada penelitian [4], teknik *aperture coupled* didapatkan bandwidth 2.44 GHz yang bekerja pada frekuensi X-band yang diaplikasikan pada sistem ESM. Sedangkan penelitian [5] [6] penambahan tuning stubs sebagai pengendali impedansi *mikrostrip slot antenna* yang sebenarnya, disesuaikan dengan karakteristik impedansi catuan dapat dihasilkan bandwidth 5.5 GHz untuk 2-elemen dan 35.3 GHz untuk 8-Elemen. Berdasarkan penelitian terkait, penulis menggabungkan kedua teknik *aperture coupled* dan *tuning stubs* sehingga didapatkan bandwidth yang lebar pada frekuensi Ku-Band dan dapat diaplikasikan pada sistem ESM.

Output penelitian ini adalah antena mikrostrip 8-elemen dengan bandwidth *wideband* pada frekuensi Ku-band yang dapat diaplikasikan pada *Electronic Support Measure* (ESM) dan juga sebagai inovasi dalam bidang riset khususnya dalam peningkatan indeks pembangunan manusia Indonesia melalui peran penelitian teknologi terapan dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

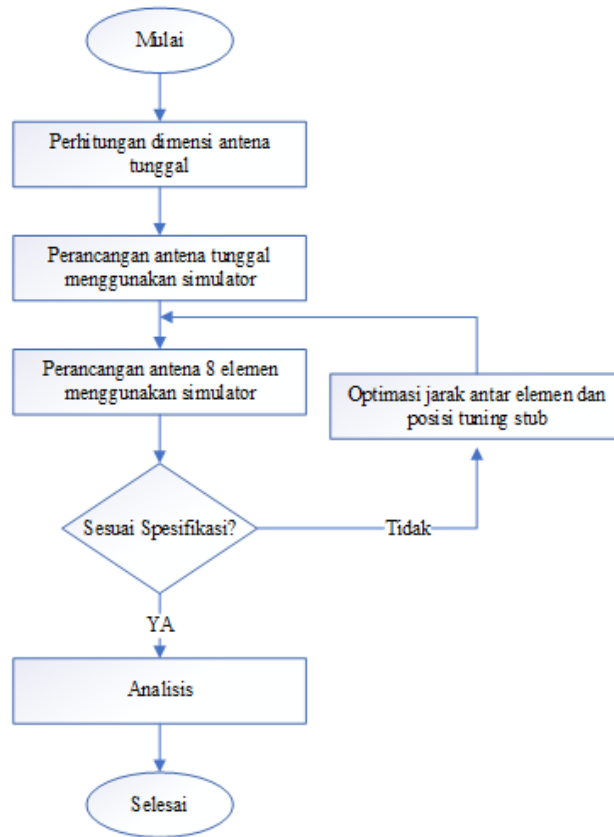
2.1. Spesifikasi Antena Electronic Support Measure (ESM)

Suatu antena dapat bekerja dengan baik pada suatu sistem jika memenuhi spesifikasi sistem tersebut. Tabel 2.1., menunjukkan spesifikasi antena untuk sistem *Electronic Support Measure* (ESM).

Tabel 2.1. Spesifikasi antena ESM [2]

Parameter Antena	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	Ku-Band (12-18 GHz)
VSWR	≤ 2
<i>Return Loss</i>	≤ -14 dB
Pola Radiasi	Direksional
Gain	5.5-8.5 dB
Polarisasi	Linear
<i>Azimuth Coverage Beamwidth</i>	$\geq 20^\circ$
<i>Elevasi Coverage Beamwidth</i>	$\geq 20^\circ$

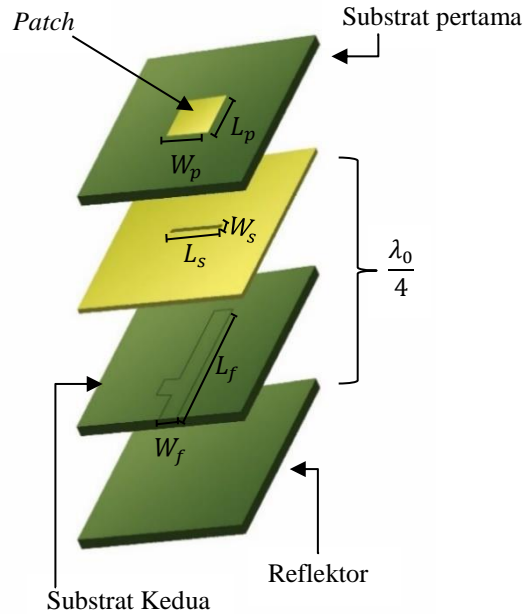
Dalam tabel 2.1., menunjukkan bahwa pada antenna ESM diharuskan memiliki bandwidth yang lebar ± 6 GHz, sehingga pada penelitian ini terfokus pada pelebaran bandwidth. Berikut merupakan skema perancangan antenna mikrostrip slot yang diaplikasikan pada ESM.



Gambar 2.1. Diagram alir perancangan antenna array mikrostrip slot ESM

2.2. Perancangan Elemen Tunggal

Dalam perancangan antenna array langkah pertama yang dilakukan adalah membuat elemen tunggal. Pada gambar 2.2., menunjukan konstruksi elemen tunggal antenna mikrostrip slot.



Gambar 2.2. Konstruksi elemen tunggal antenna mikrostrip slot

Antena tunggal terdiri dari 2 substrat Rogers RT5880 dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$h_s = 1.57 \text{ mm}, \epsilon_s = 2.2$$

Substrat pertama terdapat patch dibagian atasnya dengan dimensi seperti persamaan (2.1) dan (2.2) [7], dimana W_p merupakan lebar patch dan L_p merupakan panjang patch. ϵ_{rp} merupakan permitifitas epsilon patch dengan nilai 2.2.

$$W_p = \frac{c}{2f_c} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_{rp} + 1}} \tag{2.1}$$

$$L_p = \frac{c}{2f_c \sqrt{\epsilon_{reff}}} \tag{2.2}$$

ϵ_{reff} , merupakan permitivitas efektif yang dapat dicari menggunakan persamaan (2.3) dibawah ini [7].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_{rp} + 1}{2} + \frac{\epsilon_{rp} - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h_p}{w_p} \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{2.3}$$

Pada substrat kedua, terdapat ground plane dengan slot, dimana W_s sebagai lebar slot dan L_s sebagai panjang slot dengan dimensi sesuai persamaan (2.4) dan (2.5) [4], di bagian bawah dari substrat kedua terdapat catuan dengan tuning-stubs sebagai saluran penyesuai impedansi, dengan dimensi sesuai persamaan (2.6) dan (2.7) [7]. dimana W_f sebagai lebar catuan dan L_f sebagai panjang catuan, dengan $B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$. Impedansi masukan (Z_0) bernilai 50Ω . Sedangkan untuk dimensi stubs-tuning didapatkan sesuai hasil optimasi.

$$L_s = 0.7L_p \tag{2.4}$$

$$W_s = 0.1L_s \tag{2.5}$$

$$\frac{W_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_{rf}-1}{2\epsilon_{rf}} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_{reff}} \right\} \right] \quad (2.6)$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.7)$$

λ_g , merupakan $\frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$, dengan λ_0 panjang gelombang $\lambda_0 = \frac{c}{f_c}$, dimana c merupakan kecepatan cahaya dengan nilai 3×10^8 dan f_c merupakan frekuensi tengah.

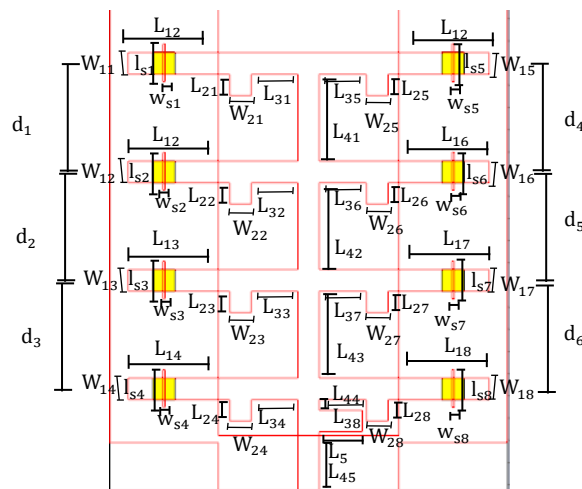
Pada gambar 2.2., reflektor digunakan untuk mengurangi *back radiation* dan meningkatkan gain. Reflektor dipasang pada $\frac{\lambda_0}{4}$ dari *ground plane* [4].

2.3. Perancangan 8 Elemen Array

Perancangan secara array bertujuan untuk mendapatkan bandwidth *wideband* serta untuk meningkatkan gain. Dalam perancangan 8 elemen antenna mikrostrip slot digunakan konfigurasi saluran catu paralel [6]. Penyesuaian impedansi antara saluran masuk dengan 8 elemen antenna mikrostrip slot digunakan tuning stub pada setiap cabang saluran. Stub pendek yang berada pada saluran catu berfungsi sebagai penyesuai impedansi di setiap cabang pembagi pada sistem pencatuan paralel [6]. Pada gambar 2.3., merupakan design antenna array mikrostrip slot 8 elemen yang dicatu secara paralel. Antena array terdiri dari 8 elemen tunggal yang disusun dengan jarak antar elemen dirumuskan dengan $d = \frac{c}{2f}$ [7]. Jarak antar elemen memenuhi kondisi dimana $0.5\lambda_0 < d < \lambda_0$, ketika kondisi tidak terpenuhi akan mengakibatkan meningkatkan mutual kopling [4].

Efek pengkopelan juga dapat terjadi pada teknik pencatuan. Pencatuan secara *aperture coupled* dimana slot pada *ground plane* tegak lurus dengan catuan dapat meningkatkan bandwidth, hal ini berkaitan dengan semakin besar efek kopling yang terjadi, maka akan menurunkan faktor kualitas, dimana sesuai dengan persamaan (2.8). Semakin kecil faktor kualitas maka bandwidth yang didapatkan semakin lebar [6].

$$Q = \frac{f_0}{BW} \quad (2.8)$$



Gambar 2.3. Rancang antenna array mikrostrip slot 8 elemen

Selain pengaturan stubs, bandwidth dapat diperlebar dengan dilakukannya partial ground plane [7].

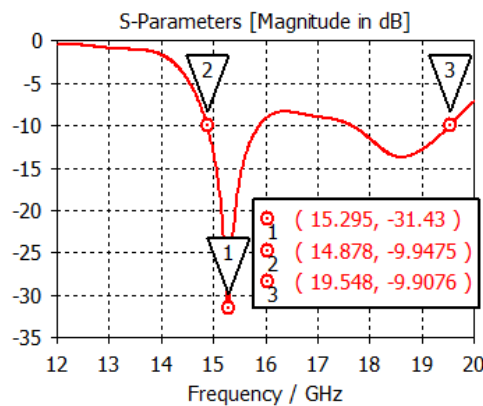
3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh dimensi antenna:

Tabel 3.1. Dimensi antenna tunggal

	Dimensi (mm)
Lebar Patch	4,5
Panjang Patch	2,5
Lebar Slot	1,0
Panjang Slot	3,0
Lebar Catuan	2,29
Panjang Catuan	18,6

Gambar 3.1., menunjukkan hasil *return loss* elemen tunggal antenna mikrostrip slot. Dapat dilihat bahwa antenna tunggal memiliki potensi untuk didapatkan bandwidth yang lebar.



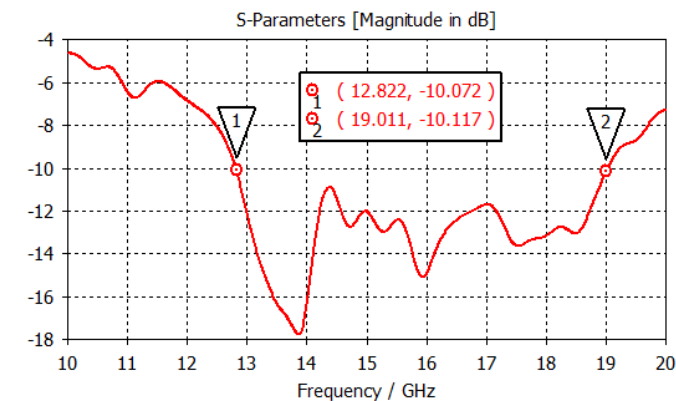
Gambar 3.1. Return Loss elemen tunggal

Dari hasil simulasi antenna tunggal disusun antenna array 8 elemen. Pada penelitian ini perancangan array dengan catuan paralel dengan 8 elemen peradiasi bertujuan untuk didapatkan bandwidth yang lebar dengan prinsip kopling. Untuk mendapatkan bandwidth yang lebar ditempatkan stubs pada catuan yang berfungsi sebagai penyesuai impedansi, dengan penempatan stubs disetiap elemen dimensi antenna array 8 elemen pada gambar 2.3., dapat ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Dimensi antenna 8 elemen

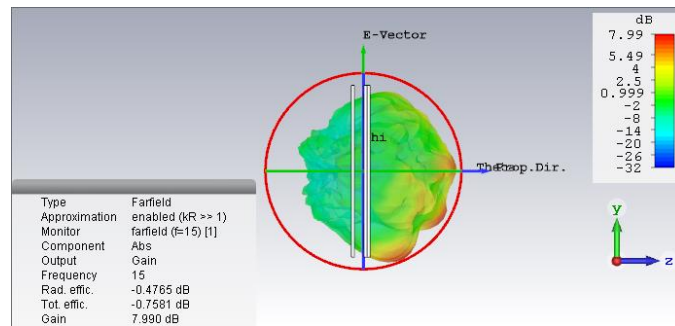
	Dimensi (mm)
$W_{11} = W_{12} = W_{13} = W_{14} =$ $W_{15} = W_{16} = W_{17} = W_{18}$	4,84
$W_{21} = W_{22} = W_{23} = W_{24} =$ $W_{25} = W_{26} = W_{27} = W_{28}$	4,84
$L_{11} = L_{12} = L_{13} = L_{14} =$ $L_{15} = L_{16} = L_{17} = L_{18}$	20,6
$L_{21} = L_{22} = L_{23} = L_{24} =$ $L_{25} = L_{26} = L_{27} = L_{28}$	4,84
$L_{31} = L_{32} = L_{33} = L_{34} =$ $L_{35} = L_{36} = L_{37} = L_{38}$	10,7
$L_{41} = L_{42} = L_{43}$	19,6
L_{44}	2,4
L_{45}	13,1
L_5	9,7
$w_{s1} = w_{s2} = w_{s3} = w_{s4} =$ $w_{s5} = w_{s6} = w_{s7} = w_{s8}$	0,5
$l_{s1} = l_{s2} = l_{s3} = l_{s4} = l_{s5} =$ $l_{s6} = l_{s7} = l_{s8}$	8,5
$d_1 = d_2 = d_{d3} = d_{s4} =$ $d_5 = d_6$	2,5

Sehingga ketika antenna elemen tunggal disusun secara array seperti gambar 2.3., didapatkan *return loss* ditunjukkan pada gambar 3.2. Bandwidth yang diperoleh dalam simulasi antenna array mikrostrip slot 8 elemen cukup lebar yaitu 6.2 GHz pada frekuensi 12.8-19 GHz yang berada pada rentang frekuensi Ku-Band.



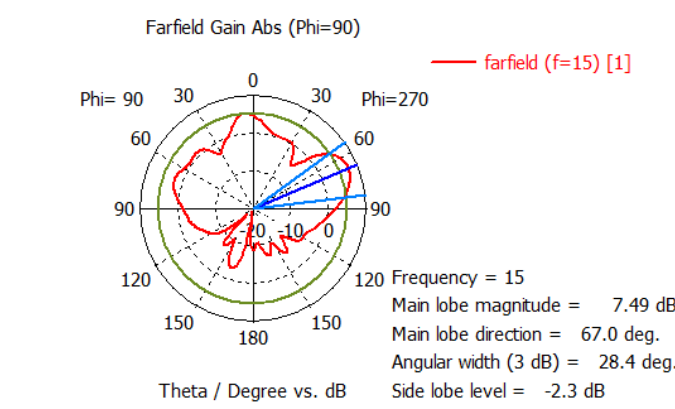
Gambar 3.2. Return Loss 8 elemen

Spesifikasi gain yang dibutuhkan agar dapat bekerja dengan baik pada ESM yaitu 5.5-8.5 dB. Sedangkan Pola radiasi yang didapatkan pada simulasi adalah direksional ditunjukkan pada gambar 3.3.

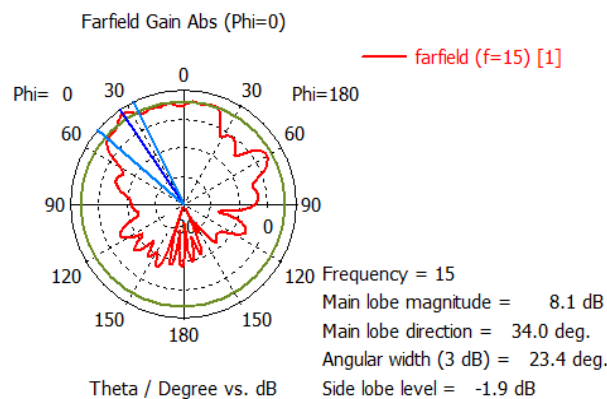


Gambar 3.3. Gain antenna array mikrostrip slot 8 elemen

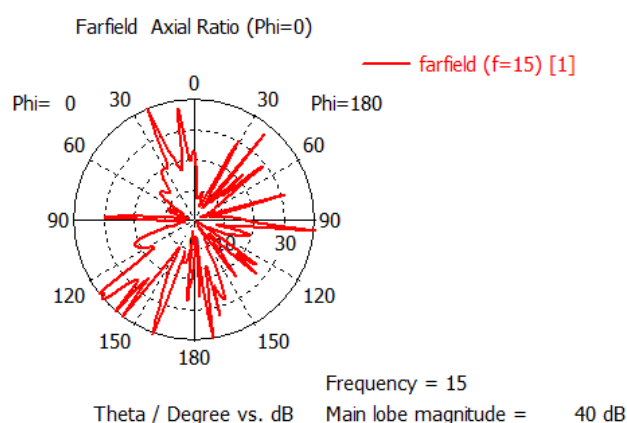
Hasil simulasi menunjukkan bahwa gain yang didapat sebesar 7.99 sesuai gambar 3.3. Untuk didapatkan gain 7.99 dB dan pola radiasi direksional digunakan reflektor. Reflektor yang terdiri dari substrat FR-4 dengan epsilon $\epsilon_s = 4.3$ dan tembaga, dapat menyesuaikan gain 10% dari dan sesudah penambahan reflektor, serta dapat mengubah pola radiasi dari bidireksional menjadi direksional. Pola radiasi arah azimuth didapatkan beamwidth sebesar 28.4° dan pada arah elevasi didapatkan beamwidth sebesar 23.4° .



Gambar 3.4. Azimuth beamwidth antenna array mikrostrip slot 8 elemen



Gambar 3.5. Elevasi beamwidth antenna array mikrostrip slot 8 elemen



Gambar 3.6. Axial Ratio antenna array mikrostrip slot 8 elemen

Pada gambar 3.6. ditunjukkan polarisasi yang didapat saat simulasi yaitu polarisasi linear, dibuktikan dengan nilai axial ratio sebesar 40 dB.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dapat diambil kesimpulan bahwa pencatutan secara *aperture coupled* dengan penambahan tuning stubs pada feedline dapat memperlebar bandwidth serta antenna array mikrostrip slot pada frekuensi Ku-Band dengan bandwidth 6.2 GHz dapat diaplikasikan pada *Electronic Support Measure*. Hal ini dapat dilihat dari spesifikasi yang telah terpenuhi yaitu nilai *return loss* ≤ -10 , gain 7.99 dB, pola radiasi direksional dengan azimuth beamwidth 28.4° dan elevasi beamwidth 23.4° serta polarisasi linear.

Daftar Pustaka

- [1] Statistics Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2015," Statistics Indonesia, Indonesia, 2015.
- [2] Shiraz Electronics Industri, 3D Passive Position Finding System, IRAN.
- [3] IEEE, "IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands," IEEE, 2009.
- [4] A. A. Heidari, M. Simrooni and M. Nakhkash, "Analysis and Design of an X-Band Microstrip Patch Array Antenna for ESM Application," *IEEE*, 2007.
- [5] I. Fitri and E. T. Rahardjo, "A Compact Microstrip Slot Antennas Fed by A Microstrip Line with A Multi Tuning Stubs for UWB Applications," *Proceeding of Asia-Pasific Microwave Conference*, 2006.
- [6] I. Fitri, "Antenna Wideband Mikrostrip Slot Array 8 Element," *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, vol. 17, no. 4, 2007.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th Edition, Wiley, 2016.
- [8] H. Aslani and A. Radwan, "Modified Step Size Patch Array Antenna for UWB," *IEEE*, 2016.