

Implementasi Material Akrilik Termodifikasi pada Antena Mikrostrip Persegi untuk BTS Mini

Rendi Restiandi¹, Wikamdani², Partomuan Gearry³, Hepi Ludyati⁴

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹ E-mail : rendi.restiandi.tcom17@polban.ac.id

² E-mail : Wikamdani266@gmail.com

³ E-mail : gearrya@gmail.com

⁴ E-mail : hepi.ludyati@polban.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan substrat FR-4 Epoxy sebagai material *substrate* yang umum digunakan diganti oleh material akrilik. Akrilik masih jarang digunakan, namun memiliki keunggulan yaitu rugi-rugi material yang rendah serta proses penerapan yang lebih mudah dibandingkan FR-4 Epoxy yang harus melalui proses *etching*. Karakteristik antena mikrostrip persegi berbahan material dielektrik artifisial (MDA) dianalisis. Sifat dielektrik akrilik diperkuat dengan menanamkan 88 kawat berdiameter 1mm pada setiap lapisan substrat dari total 2 lapis substrat. Kawat-kawat ini diposisikan pada titik-titik di permukaan *substrate* yang memiliki intensitas medan listrik kuat dari mode TM_{01} dan TM_{11} . Karakteristik antena mikrostrip berbahan *substrate* MDA dibandingkan dengan antena mikrostrip berbahan *substrate* akrilik alami atau disebut konvensional. Hasil karakterisasi menunjukkan antena mikrostrip persegi beresonansi pada frekuensi 1.65 GHz dengan returnloss sebesar -19 dB untuk antena konvensional dan -23 dB untuk antena berbahan MDA. Pada perbandingan dimensi antena setelah direalisasi bagian *substrate* antena artifisial mengalami penurunan ukuran lebar sebesar 6.25 % dan penurunan sebesar 5.6 % pada panjangnya terhadap ukuran antena konvensional. Sedangkan pada bagian patch, antena artifisial mengalami penurunan dimensi sebesar 6 % pada ukuran lebar sedangkan pada bagian panjang patch mengalami kenaikan ukuran dimensi sebesar 4.6 %. Antena Mikrostrip MDA memiliki gain sebesar 3,5 dB dengan mengacu pada antena dipol $\lambda/2$.

Kata Kunci

Dielektrik, artifisial, akrilik, bandwidth, permitivitas.

1. PENDAHULUAN

BTS adalah sebuah infrastruktur telekomunikasi yang memfasilitasi komunikasi nirkabel antara piranti komunikasi dan jaringan operator. Pada zaman sekarang, muncul sebuah inovasi BTS mini, dimana bentuk BTS ini sangat sederhana dan *mobile*. Antena pada sebuah BTS berfungsi sebagai pemancar dan penerima gelombang radio/elektromagnetik. Antena mikrostrip dipilih penggunaannya untuk BTS mini karena memiliki sejumlah keuntungan diantaranya ukurannya yang kecil jika dibandingkan dengan antena dipole yang pada umumnya sering ditemui di masyarakat [1]. Sebuah antena mikrostrip terdiri dari 3 elemen utama, yaitu bagian *patch* sebagai peradiasi, *substrate* sebagai dielektrik, dan *ground plane* [2].

Meninjau dari spesifikasi antena yang dibutuhkan serta kondisi yang terjadi, pemilihan material dielektrik pada *substrate* mendapat perhatian lebih. Material dielektrik pada bagian *substrate* pada umumnya terbuat dari sebuah PCB, sehingga dalam proses

pembuatannya membutuhkan sebuah proses *etching*. Sayangnya di Indonesia sendiri belum ada mesin *etching* yang memiliki ketelitian tinggi.

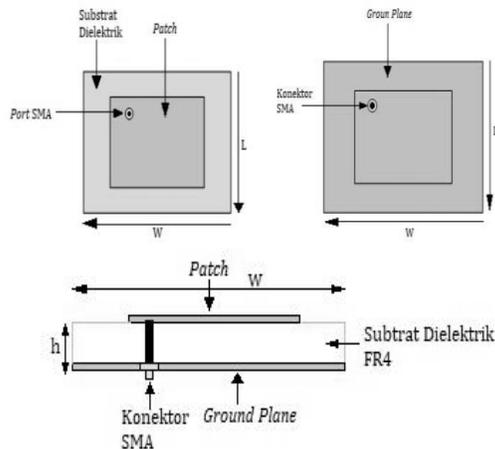
Pemilihan material dielektrik berkaitan dengan permitivitasnya. Semakin besar permitivitas sebuah material dielektrik maka semakin kecil daerah radasinya sehingga memiliki kelebihan dimana ukuran *patch*-nya menjadi lebih kecil. Salah satu cara untuk mendapatkan material dengan permitivitas dielektrik yang tinggi, yaitu dengan menggunakan material dielektrik artifisial. Material dielektrik artifisial sendiri merupakan material dielektrik hasil modifikasi bukan melalui proses kimiawi melainkan melalui proses elektromagnetisasi untuk menciptakan material dielektrik dengan sifat-sifat dielektrik baru dengan nilai permitivitas yang lebih besar dengan cara menanamkan kawat-kawat konduktor didalam material alami/*host* dengan pola tertentu mengikuti mode resonansinya. Kawat-kawat tembaga tersebut ditanam di titik-titik terkuat amplitudo pada mode TM tersebut menembus *substrate* dari permukaannya dan tanpa

menimbulkan hubung singkat dengan bagian *ground plane* [5]. Untuk proses pencatumannya, digunakan teknik *proximity coupling*.

2. DESAIN ANTENA

2.1 Perancangan

Perancangan yang dimaksud pada bagian ini adalah menentukan setiap ukuran dari setiap bagian antenna mikrostrip yang terdiri dari sebuah patch, substrate, mikrostrip line serta sebuah ground plane.



Gambar 1. Bagian-Bagian Antena Mikrostrip

Untuk mencari ukuran dari setiap bagian pada antenna mikrostrip digunakan masing-masing rumus[3]. Pada penelitian ini antenna bekerja pada frekuensi 1.8 GHz :

- Desain Antena Konvensional :

Lebar (W) dari patch antenna dapat dihitung menggunakan rumus :

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

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2(1,8 \times 10^9) \sqrt{\frac{(4,4+1)}{2}}}$$

$$W_p = 50,715 \text{ mm}$$

Panjang (L) dari patch antenna dapat dihitung menggunakan rumus :

Sebelum mengitung panjang *patch* (L), terlebih dahulu kita mencari nilai pertambahan panjang dari *patch* akibat adanya *fringing effect* (ΔL). *h* merupakan ketebalan substrat yang akan dipakai, ketebalan material akrilik yang digunakan adalah 5

mm. ϵ_{reff} merupakan konstanta dielektrik efektif yang dihitung dengan Persamaan berikut.

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right) \quad (2)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(10)}{50,517}}} \right)$$

$$\epsilon_{reff} = 3,62$$

Didapatlah nilai ΔL dengan persamaan berikut :

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

$$\Delta L = 0,412(10) \left[\frac{(3,62 + 0,3) \left(\frac{50,517}{10} + 0,264 \right)}{(3,62 - 0,258) \left(\frac{50,517}{10} + 0,8 \right)} \right]$$

$$\Delta L = 4,36$$

Panjang *patch* dapat dicari dengan Persamaan berikut :

$$L_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_p = \frac{3 \times 10^8}{2(1,8 \times 10^9) \sqrt{3,62}} - 2(4,36)$$

$$L_p = 35,07 \text{ mm}$$

- Desain Antena artifisial :

Pada perancangan desain antenna artifisial ini pertama yang harus dilakukan yaitu mencari frekuensi kerja untuk menemukan nilai permitivitas relatif yang baru.

1. Persamaan frekuensi kerja ini terdapat penurunan $f_{resonansi}$ yang merupakan acuan dari penelitian Yugyta[4], nilai persentase penurunan frekuensi resonansi yang diambil sebesar 25,30%.

$$f_a = f_r k - (\% \text{ penurunan } f_r \times f_r k)$$

$$f_r a = 1344,6 \text{ MHz}$$

2. Permitivitas relatif baru

$$\epsilon_r a = \epsilon_r k \times \frac{f_r k^2}{f_r a^2} \quad (5)$$

$$\epsilon_r a = 4,4 \times \frac{(1,8 \times 10^9)^2}{(1344,6 \times 10^6)^2}$$

$$\epsilon_r a = 7,88$$

3. Menghitung lebar patch (W)

$$W_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (6)$$

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2(1,8 \times 10^9) \sqrt{\frac{(7,88+1)}{2}}}$$

$$W_p = 39,54 \text{ mm}$$

4. Mengitung panjang patch (L)

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right) \quad (7)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{7,88 + 1}{2} + \frac{7,88 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(10)}{39,54}}} \right)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 6,15$$

Didapatlah nilai ΔL dengan Persamaan berikut :

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

$$\Delta L = 4$$

Panjang *patch* dengan Persamaan berikut :

$$L_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L \quad (9)$$

$$L_p = \frac{3 \times 10^8}{2(1,8 \times 10^9) \sqrt{6,15}} - 2(4)$$

$$L_p = 25,60 \text{ mm}$$

• Desain Saluran Mikrostrip Antena Konvensional :

Lebar saluran mikrostrip didapat dari persamaan berikut :

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right]$$

$$\text{Dimana } B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{377\pi}{2(50) \sqrt{4,4}}$$

$$B = 5,646$$

$$W_f = 6,122 \text{ mm}$$

• Desain saluran mikrostrip antena artifisial

$$\epsilon_r a = 7,88$$

Lebar saluran mikrostrip antena artifisial

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right]$$

$$\text{Dimana } B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{377\pi}{2(50) \sqrt{7,88}}$$

$$B = 3,635$$

$$W_f = 11,81$$

• Desain substrat dan ground antena konvensional

1. Panjang substrat dan ground plane

$$L_g = 6h + L_p$$

$$L_g = 6(10) + 35,07 \quad L_g = 95,07$$

2. Lebar Substrat dan *Ground Plane*

$$W_g = 6h + W_p \quad (10)$$

$$W_g = 6(10) + 50,71$$

$$W_g = 100,71$$

• Desain substrat dan ground antena artifisial

1. Panjang substrat dan ground plane

$$L_g = 6h + L_p \quad (11)$$

$$L_g = 6(10) + 25,60$$

$$L_g = 85,60$$

2. Lebar substrat dan *Ground Plane*

$$W_g = 6h + W_p \quad (12)$$

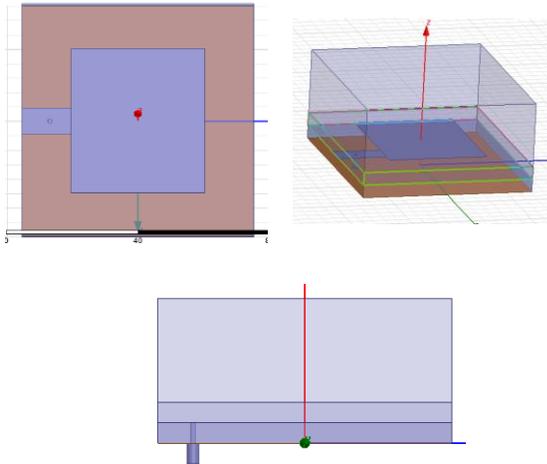
$$W_g = 6(10) + 39,54$$

$$W_g = 99,54$$

2.2. Realisasi Antena

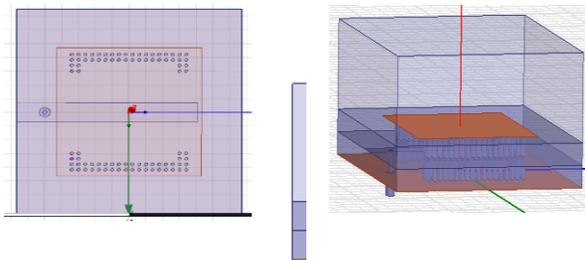
Pada proses realisasi digunakan software simulator ANSYS HFSS untuk menguji parameter-parameter luaran antena seperti nilai Return Loss antena sebelum di realisasikan secara nyata dalam bentuk fisik. Pada proses pengujian menggunakan simulator ini, nilai-nilai yang telah didapat dari proses perhitungan pada tahap perancangan di implementasikan dalam desain antena pada simulator dan dilakukan optimasi pada nilai dari setiap parameter dengan tujuan mendapat karakteristik luaran antena yang di harapkan.

- Desain antenna konvensional pada simulator



Gambar 2. Desain Antena Konvensional pada Simulator

- Desain antenna artifisial pada simulator



Gambar 3. Desain Antena Artifisial pada Simulator

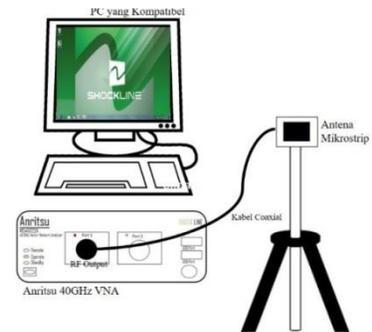
Perbandingan ukuran parameter-parameter antenna konvensional dan artifisial setelah dioptimasi :

Tabel 1. Perbandingan ukuran antenna artifisial & konvensional

| Parameter | Artifisial | Konvensional |
|---------------------------|------------|--------------|
| Panjang Substrat & Ground | 67 mm | 71 mm |
| Lebar Substrat & Ground | 75 mm | 80 mm |
| Tebal Substrat | 5 mm | 5 mm |
| Panjang Patch | 43 mm | 41 mm |
| Lebar Patch | 47 mm | 50 mm |
| Panjang Mikrostrip Line | 54 mm | 40 mm |
| Lebar Mikrostrip Line | 7 mm | 9 mm |

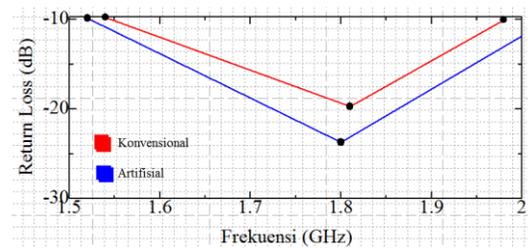
2.3 Pengujian

Terdapat beberapa parameter yang akan diuji dari keseluruhan alat, yaitu permitivitas material, *Gain* antenna, *Return Loss*, *VSWR*, dan *Bandwidth*. Namun pada pengujian yang dilakukan kali ini hanya mencakup pada proses pengukuran return loss antenna. Dengan menggunakan alat ukur *Site Master*, kita dapat mengukur *Return Loss* yang merupakan parameter output antenna yang menunjukkan besarnya rugi-rugi daya yang dikembalikan oleh antenna ke sumber pada frekuensi tertentu dari antenna yang telah dibuat. *Band* frekuensi yang digunakan adalah 1800 MHz untuk perhitungan *bandwidth* antenna pada level 10 dB.



Gambar 4. Setup Pengukuran

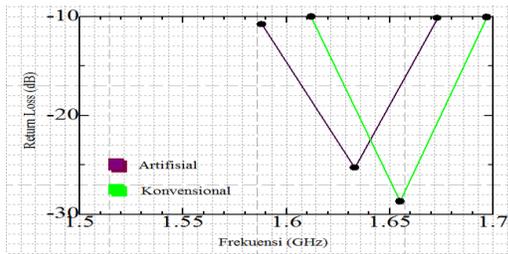
- Return Loss pada simulasi :



Gambar 5. Kurva Return Loss pada Simulator

Pada simulasi dapat dilihat bahwa antenna memiliki frekuensi resonansi atau kerja pada frekuensi 1.8 GHz dimana pada frekuensi tersebut menghasilkan returnloss sebesar -19 dB untuk antenna konvensional dan -23 dB untuk antenna artifisial.

- Return Loss pada pengukuran sebenarnya :



Gambar 6. Kurva Return Loss pada Pengukuran

Pada proses pengukuran sebenarnya, frekuensi kerja bergeser di frekuensi 1.6 GHz - 1.65 GHz pada kedua antenna. Dimana return lossnya -28 dB untuk antenna konvensional dan -25 dB untuk antenna artifisial.

2.4 Analisa

Pada tahap ini akan dianalisis perbandingan antara dimensi antenna konvensional dan artifisial serta hasil pengukuran *Return Loss*.

- Perbandingan dimensi antara antenna konvensional dan artifisial

Pada perbandingan dimensi ini yang digunakan adalah ukuran dimensi antenna setelah direalisasikan. Pada bagian substrat, antenna artifisial mengalami penurunan ukuran lebar sebesar 6.25 % dan penurunan sebesar 5.6 % pada panjangnya terhadap ukuran antenna konvensional. Sedangkan pada bagian patch, antenna artifisial mengalami penurunan dimensi sebesar 6 % pada ukuran lebar sedangkan pada bagian panjang patch mengalami kenaikan ukuran dimensi sebesar 4.6 %.

- Perbandingan frekuensi kerja dan return loss pada hasil simulasi dan antenna sebenarnya

Pada simulasi antenna bekerja pada frekuensi yang diharapkan di awal dimana frekuensi kerjanya berada pada frekuensi 1.8 GHz dengan return loss yang lebih kecil dari -10 dB. Sedangkan pada saat perealisasiannya antenna yang sebenarnya, terjadi pergeseran frekuensi kerja baik pada antenna konvensional maupun artifisial, yaitu pada band frekuensi 1.6-1.65 GHz. Hal tersebut dikarenakan ketidaksempurnaan karakteristik material yang dipilih saat proses pembuatan antenna jika dibandingkan dengan karakteristik material pada simulasi serta proses pabrikan yang tidak sempurna seperti pada simulasi sehingga menyebabkan perubahan pada nilai-nilai atau ukuran dimensi antenna pada simulasi.

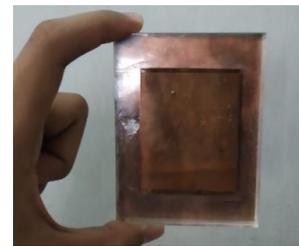
2.5 Evaluasi

Diharapkan pada antenna BTS Mini dengan menggunakan antenna mikrostrip material dielektrik artifisial yang kita buat ini dapat menghasilkan gain dan *bandwidth* yang lebih besar dengan dimensi yang kecil.

3. HASIL

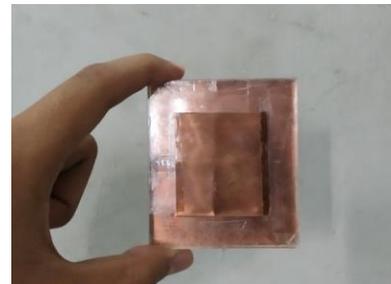
3.1 Rancang rupa Antena Mikrostrip

- Antena konvensional



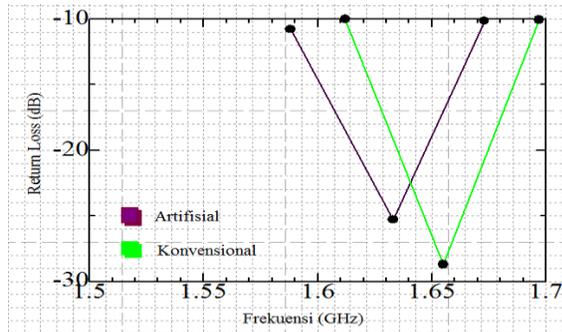
Gambar 7. Rupa Antena Konvensional

- Antena artifisial



Gambar 8. Rupa Antena Artifisial

- Return Loss dan Frekuensi kerja dari Antena Mikrostrip



Gambar 9. Kurva Return Loss

frekuensi kerja berada pada frekuensi 1.6 GHz - 1.65 GHz pada kedua antena. Dimana return lossnya -28 dB untuk antena konvensional dan -25 dB untuk antena artifisial. Terjadi pergeseran frekuensi kerja dari target yang telah ditentukan diawal sebesar 0,8 % - 0,11 %.

4. KESIMPULAN

Pada perancangan antena pada simulator, terlihat bahwa ukuran dari antena artifisial mengalami degradasi dimensi dibandingkan dengan ukuran pada antena konvensional. Hal ini dikarenakan dengan memodifikasi bahan substrat yang dilakukan dengan penanaman kawat kawat pada titik-titik amplitudo terkuat pada mode TM 01 dan TM 11 untuk meningkatkan nilai permitivitas substrat.

Pada simulasi, kedua jenis antena bekerja pada frekuensi 1.8 GHz dan memiliki bandwidth yang hampir sama sekitar 500 MHz dengan masing-masing return lossnya -19 dB (konvensional) dan -23 dB (Artifisial).

Sedangkan pada proses perealisasi, frekuensi kerjanya bergeser di frekuensi 1.6 GHz - 1.65 GHz pada kedua antena. Namun return lossnya lebih kecil dibandingkan pada simulasi, pada prealisasi Return lossnya -28 dB (konvensional) dan -25 dB (artifisial). Gain antena terukur memiliki gain sebesar 3.5 dBi dengan memakai referensi antena dipol $\lambda/2$

Parameter-parameter output Antena dapat mengalami perubahan dibandingkan dengan simulasi, hal ini dapat dikarenakan karena pemilihan bahan-bahan yang tidak benar-benar sama seperti pada simulasi maupun kesalahan dalam proses pembuatan/pabrikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angela, D., Y.Wahyu, dan T.A.Porayouw. Desain dan Implementasi Antena Susunan Mikrostrip Patch Persegi Panjang Empat Elemen pada 2,3 GHz Menggunakan Teknik Pencatutan dengan Distribusi Dolph-Tchebyscheff. *Jurnal Telematika* 8(1): 1-7
- [2] Darsono.M. 2012. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dua Elemen Patch Persegi Untuk Aplikasi Wireless Fidelity. *Jurnal EECCIS* 6(2):171-175
- [3] Firmansyah, T., S.Purnomo, F.Fatonah, dan T.H.F.Nugroho.2015. Antena Mikrostrip Rectangular Patch 1575,42 MHz dengan Polarisasi Circular untuk receiver GPS. *JNTETI* 4(4):
- [4]. Y. P. Mz, "Realisasi 2 Prototipe Antena MikrostripLingkaran 1 Elemen Dengan Material Dielektrik Artifisial Berbahan FR4 Epoxy Dan Acrilik Pada Frekuensi UHF," Bandung, 2017.
- [5] Ludyati.H., Elisma, W.Pardosi, dan Nurfiana. 2018. Analisa Karakteristik Antena Mikrostrip Lingkaran Berbahan Substrat Material Dielektrik Artifisial pada Frekuensi 1800 MHz. *SENTER* 2018. 1-2 Desember: 276-283