

Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Log Periodik dengan Elemen Parasitik *Air Gap* untuk Aplikasi TV Digital DVB-T2

INDRA SURJATI¹, SYAH ALAM¹, YULI KURNIA NINGSIH³

^{1,3}Magister Teknik Elektro Universitas Trisakti

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti

Email: indra@trisakti.ac.id

Received 10 Desember 2018 | *Revised* 11 Februari 2019 | *Accepted* 24 Maret 2019

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan desain dan prototipe antena mikrostrip log periodik yang dikembangkan dengan metode parasitik air gap (celah udara) untuk aplikasi TV digital pada rentang frekuensi 478-694 MHz. Penggunaan elemen parasitik dengan celah udara bertujuan untuk meningkatkan nilai gain pada antena. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai return loss sebesar -20.27 dB dan VSWR sebesar 1.31 pada frekuensi kerja 600 MHz. Bandwidth yang dihasilkan dari antena yang telah dipabrikasi adalah 273 MHz dengan rentang frekuensi kerja 461 MHz – 734 MHz. Gain yang dihasilkan dari antena mikrostrip log periodik dengan elemen parasitik adalah 16.67 dB pada frekuensi kerja 600 MHz atau meningkat 40.02 % dibandingkan dengan log periodik konvensional yang telah didesain sebelumnya. Dari keseluruhan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa antena yang diusulkan dapat digunakan sebagai antena penerima untuk aplikasi TV Digital di Indonesia.

Kata kunci: antena, mikrostrip, log periodik, parasitik, celah udara

ABSTRACT

This study proposes the design and prototype of log periodic microstrip antenna which was developed using the parasitic air gap for digital TV applications with a frequency range of 478-694 MHz. The use of parasitic elements with air gap aims to increase the gain of the antenna. From the measurement results, proposed antenna obtained return loss of -20.27 dB and VSWR of 1.31 at the working frequency of 600 MHz. The bandwidth produced from proposed antenna is 273 MHz with a working frequency range of 461 MHz - 734 MHz. The gain generated from log periodic microstrip antenna with parasitic element is 16.67 dB at the working frequency of 600 MHz or increased 40.02 % compared with conventional log periodic that have been designed before. From the overall results obtained, it can be concluded that the proposed antenna can be used as receiver antenna for Digital TV applications in Indonesia.

Keywords: antenna, microstrip, log periodic, parasitic, air gap

1. PENDAHULUAN

Digital Video Broadcasting (DVB) adalah salah satu teknologi *broadcasting* yang banyak digunakan pada seluruh negara di dunia. Penggunaan teknologi TV digital di Indonesia telah ditetapkan oleh Kemenkominfo pada tahun 2011 yaitu untuk DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*) (**Kemenkominfo, 2011**) dan dikembangkan menjadi DVB-T2 pada tahun 2012 (**Kemenkominfo, 2012**). Salah satu keunggulan dari penggunaan DVB-T2 adalah alokasi frekuensi yang dibutuhkan menjadi lebih efisien jika dibandingkan dengan sistem analog. Selain itu, penerapan DVB-T2 juga menghasilkan kualitas gambar dan suara yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem konvensional yang digunakan sekarang ini (**Kemenkominfo, 2012**). Berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh Kemenkominfo bahwa frekuensi kerja yang digunakan untuk aplikasi TV digital DVB-T2 yaitu pada rentang frekuensi 478-694 MHz dengan frekuensi tengah yaitu 586 MHz (**Kemenkominfo, 2011**).

Jenis antena yang banyak digunakan untuk sistem penerimaan televisi adalah jenis yaggi, hal ini dikarenakan antena jenis yaggi memiliki *gain* dan keterarahan yang lebih baik. Namun, dimensi dari antena yaggi cukup besar yaitu 1 meter sehingga sulit untuk diterapkan untuk penerima sistem televisi di dalam ruangan (*indoor*) (**Candra, 2013**). Untuk itu diperlukan suatu antena yang memiliki dimensi yang lebih kecil dan kompak sehingga dapat digunakan untuk sistem penerimaan TV Digital yang dapat ditempatkan dalam ruangan (*indoor*). Salah satu antena yang memiliki desain yang kecil dan kompak adalah antena mikrostrip. Kelebihan dari antena mikrostrip adalah dimensi yang kecil serta mampu bekerja pada frekuensi tinggi, selain itu antena mikrostrip juga mudah untuk dipabrikasi dengan biaya yang terjangkau. Namun, antena mikrostrip memiliki beberapa kelemahan yaitu *gain* yang kecil serta *bandwidth* yang sempit (**Wong, 2004**). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (**Surjati I, Ningsih YK, Alam S, 2017**) telah berhasil merancang dan merealisasikan antena mikrostrip dengan metode log periodik untuk aplikasi TV Digital dengan *bandwidth* sebesar 350 MHz dengan *gain* 11.62 dB pada frekuensi kerja 586 MHz.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai *gain* pada antena mikrostrip log periodik yang telah dirancang dan direalisasi sebelumnya (**Surjati I, Ningsih YK, Alam S, 2017**). Beberapa metode untuk meningkatkan nilai *gain* telah diusulkan oleh peneliti sebelumnya yaitu dengan metode parasitik pada antena mikrostrip bentuk lingkaran dengan celah udara yang dilakukan oleh (**Mrnka M, Raida Z, 2016**) dengan dapat meningkatkan nilai *gain* antena dari 11.6 dBi menjadi 13.2 dBi, selain itu metode *array* yang dilakukan oleh (**Wijanto E, Alam S, Harsono B, 2018**) dapat meningkatkan nilai *gain* sebesar 45.07 % dibanding dengan antena elemen tunggal. Metode *array* yang diterapkan oleh (**Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I., 2017**) juga terbukti dapat meningkatkan nilai *gain* antena dari 4.87 dBi menjadi 6.44 dBi dengan menggunakan 4 elemen yang disusun sejajar. Peningkatan nilai *gain* dari 1.625 dB menjadi 4.117 dB juga diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh (**Teguh Firmansyah, Herudin, Romi Wiryadinata, M.Iman Santoso, Yus Rama Denny, Toto Supriyanto, 2017**) dengan menggunakan parasitik *air gap* bentuk lingkaran untuk frekuensi kerja 2.35 GHz sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (**Jacob Abraham, Thomaskutty Mathew, Chandroth K. Aanandan, 2016**) dapat meningkatkan *gain* sebesar 1.85 dB pada frekuensi kerja 2.584 MHz. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk meningkatkan nilai *gain* adalah metode parasitik dengan menggunakan celah udara sebagai pemisah antara elemen peradiasi yang berbentuk log periodik pada *side* PCB bagian bawah dengan elemen parasitik yang berada di *side* PCB bagian atas. Jarak celah udara dengan elemen peradiasi akan dioptimasi untuk memperoleh nilai *gain* terbaik. Jenis substrat yang digunakan untuk *layer* elemen peradiasi dan elemen parasitik adalah sama yaitu menggunakan jenis FR-4. Penggunaan metode ini bertujuan

untuk menghasilkan dimensi antenna yang kecil jika dibandingkan dengan menggunakan metode *array* yang akan membuat dimensi antenna menjadi jauh lebih besar. Target dari penelitian ini adalah menghasilkan antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 478-694 MHz dengan nilai *return loss* ≤ -10 dB dan *VSWR* ≤ 2 serta memiliki nilai *gain* 15 dB. Keterbaruan dalam penelitian ini adalah bentuk serta dimensi dari elemen parasitik yang digunakan yaitu berbentuk kotak dengan *slot* di bagian tengahnya yang ditempatkan di bagian atas elemen peradiasi dan dipisahkan oleh celah udara sejauh jarak celah udara (*d*). Target penguatan (*gain*) disesuaikan dengan kebutuhan antenna penerima untuk aplikasi TV Digital yang tersedia di pasaran yaitu 10 – 20 dB. Desain dan realisasi dari antenna yang diusulkan diharapkan dapat diterapkan sebagai antenna penerima pada komunikasi TV Digital di Indonesia.

2. DESAIN ANTENA

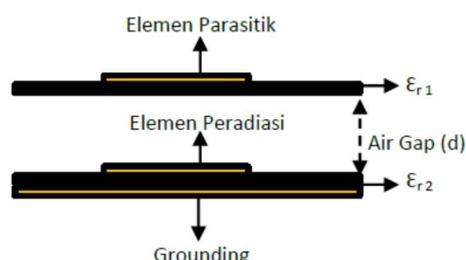
2.1 Metode Perancangan

Pada penelitian ini, perancangan awal dilakukan dengan mendesain elemen peradiasi yang berbentuk log periodik. Material substrat yang digunakan adalah jenis FR-4 *Epoxy* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Surjati, 2010). Penggunaan substrat ini bertujuan untuk menghasilkan dimensi antenna yang kecil karena substrat jenis FR-4 memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang besar yaitu 4.3 dan ketebalan bahan (*h*) 1.6 mm, di samping itu bahan jenis FR-4 lebih mudah ditemukan di pasaran dan harganya terjangkau. Namun kekurangan substrat ini adalah memiliki *loss* ($\tan \delta$) yang cukup besar yaitu 0.0265 sehingga akan mereduksi kinerja dari antenna rancangan.

Tabel 1. Spesifikasi Substrat FR-4 Epoxy

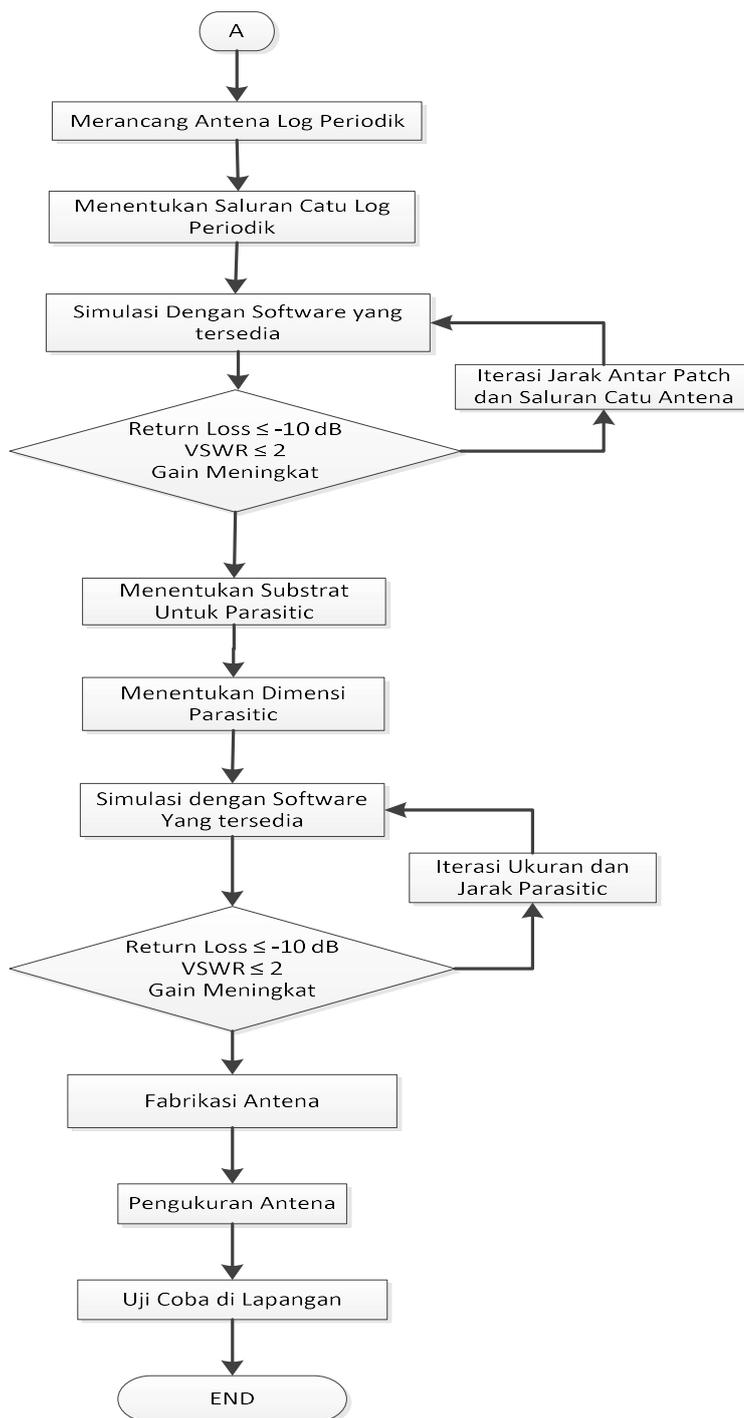
Jenis Substrat	FR-4 Epoxy
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4.3
Konstanta Permeabilitas Relatif (μ_r)	1
Dielectric Loss Tangent ($\tan \delta$)	0.0265
Ketebalan Substrat (<i>h</i>)	1.6 mm

Setelah diperoleh dimensi elemen peradiasi yang berbentuk antenna mikrostrip maka tahapan selanjutnya adalah mendesain elemen parasitik yang akan ditempatkan di bagian atas dari elemen peradiasi dengan dipisahkan menggunakan celah udara sejauh jarak celah udara (*d*). Celah udara berfungsi untuk menghasilkan *electromagnetic band gap* yang akan menyebabkan terjadinya peningkatan nilai *gain* dan *bandwidth* pada antenna mikrostrip. Substrat bagian atas (ϵ_{r1}) yang diisi oleh elemen peradiasi dipabrikasi menggunakan substrat FR-4 *single side* sedangkan untuk elemen parasitik menggunakan substrat *double side* (ϵ_{r2}) dengan lapisan tembaga di bagian belakang sebagai *grounding*. Ilustrasi gambar susunan substrat dan penempatan elemen parasitik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan Substrat Antena Parasitik dengan Celah Udara (Air Gap)

Diagram alir dari perancangan dan realisasi antena mikrostrip dengan parasitik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Antena

2.2 Desain Antena Mikrostrip Log Periodik

Desain antena mikrostrip log periodik yang digunakan pada penelitian diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1), (2), (3), (4) dan (5) (Stutzman WL, Thiele GA, 2013). Desain awal dari antena mikrostrip adalah bentuk persegi panjang dengan W dan L dan saluran pencatu dengan nilai impedansi 50 Ohm sesuai dengan konektor yang digunakan.

$$W = \frac{C}{2f\sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (3)$$

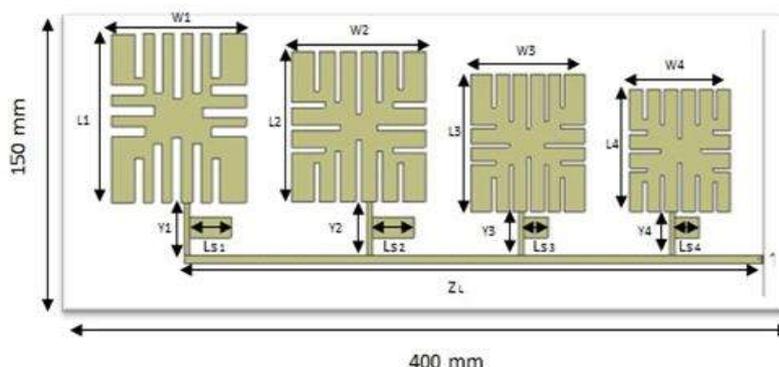
$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (5)$$

Prinsip desain untuk log periodik membutuhkan penskalaan dimensi dari periode ke periode sehingga kinerja periodik dengan logaritma frekuensi. Panjang (L_n) dan lebar (W_n) dari resonator *patch* dari log microstrip antenna periodik meningkat sepanjang *array* oleh faktor τ di mana τ dapat dihitung dengan Persamaan (6) (Rahim, M. K. A., & Gardner, P., 2004).

$$\tau = \frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{W_{n+1}}{W_n} \quad (6)$$

Desain antenna log periodik yang dikembangkan dengan metode *peripheral slit* pada penelitian ini telah diteliti sebelumnya dan dipabrikasi oleh (Surjati I, Ningsih YK, Alam S, 2017), tampilan dari antenna mikrostrip dengan log periodik dengan 4 elemen dapat dilihat pada Gambar 3. Tiap-tiap elemen pada antenna mikrostrip log periodik memiliki frekuensi yang berbeda sehingga dapat bekerja pada frekuensi 478 MHz - 694 MHz untuk aplikasi TV Digital.



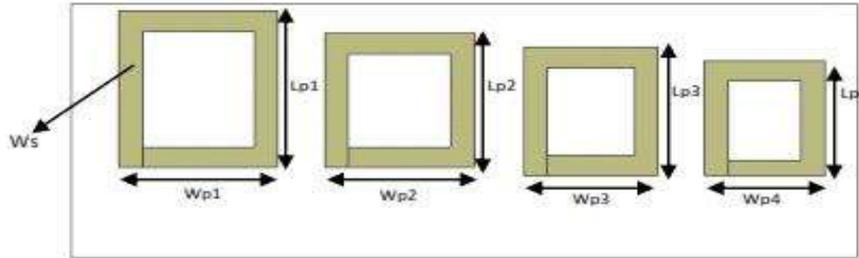
Gambar 3. Desain Antena Mikrostrip dengan Log Periodik

Dari Gambar 3 dapat dilihat dengan jelas bahwa antenna log periodik memiliki 4 elemen dengan ukuran yang berbeda. *Patch* 1 memiliki dimensi $W_1 = 77,4$ mm, $L_1 = 89,5$ mm, $Y_1 = 27,8$ mm dan $L_{s1} = 24$ mm. *Patch* 2 memiliki dimensi $W_2 = 77$ mm, $L_2 = 80$ mm, $Y_2 = 28$ mm dan $L_{s2} = 24$ mm. *Patch* 3 memiliki dimensi $W_3 = 65$ mm, $L_3 = 73$ mm, $Y_3 = 23$ mm dan $L_{s3} = 14$ mm dan *patch* 4 memiliki dimensi $W_4 = 58$ mm, $L_4 = 65$ mm, $Y_4 = 23$ mm dan $L_{s4} = 14$ mm. Dimensi saluran mikrostrip dari antenna log periodik adalah $Z_L = 332,6$ mm.

2.3 Desain Elemen Parasitik dengan Celah Udara

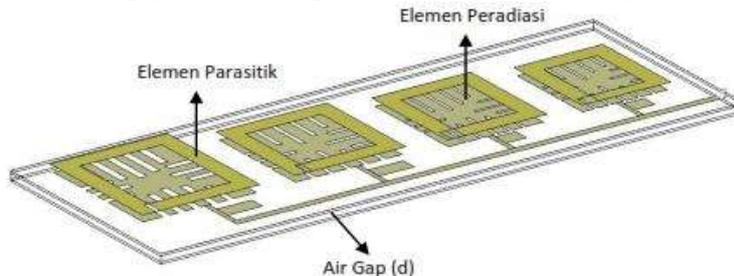
Setelah desain antenna log periodik diperoleh, tahapan selanjutnya adalah merancang beban parasitik yang berfungsi untuk meningkatkan nilai *gain*. Dimensi parasitik adalah sama

dengan dimensi antena log periodik, namun di bagian tengahnya diberikan *slot* berbentuk kotak agar dapat menghasilkan *gain* yang maksimal. Jarak celah udara (d) antara elemen peradiasi dan elemen parasitik adalah 2 mm. Desain elemen parasitik pada antena log periodik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Elemen Parasitik

Dari Gambar 4 dapat dilihat dimensi panjang dan lebar dari antena parasitik identik dengan *patch* log periodik dimana $W_{p1} = 80,5$ mm, $W_{p2} = 76$ mm, $W_{p3} = 68$ mm dan $W_{p4} = 58$ mm sementara $L_{p1} = 89,5$ mm, $L_{p2} = 80$ mm, $L_{p3} = 73$ mm, $L_{p4} = 65$ mm. Desain keseluruhan dari antena log periodik dengan elemen parasitik dapat dilihat pada Gambar 5.

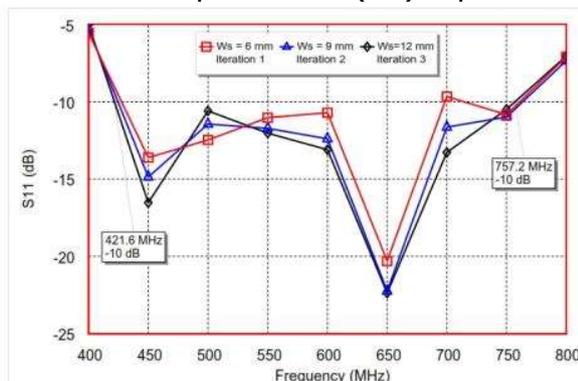


Gambar 5. Desain Antena Log Periodik dengan Elemen Parasitik

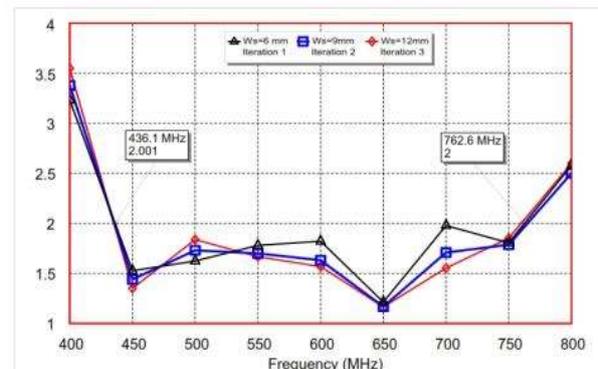
3. HASIL PERANCANGAN DAN REALISASI

3.1 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Log Periodik dengan Elemen Parasitik

Setelah dilakukan proses perancangan antena mikrostrip log periodik dengan elemen parasitic, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak *AWR Microwave Office 2009* untuk melihat kinerja dari parameter antena rancangan. Untuk memperoleh *bandwidth* dan *gain* yang maksimal pada antena rancangan maka dilakukan iterasi terhadap lebar *Slot* (W_s) pada elemen parasitik dan jarak celah udara (d). Adapun hasil simulasi *return loss* dan *VSWR* antena rancangan yang diperoleh dari proses iterasi terhadap lebar *Slot* (W_s) dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Simulasi *Return loss* Iterasi W_s



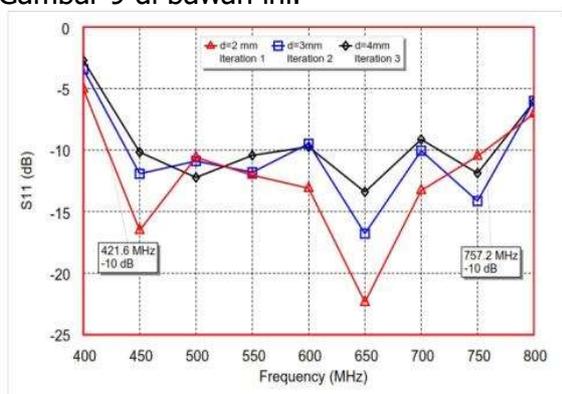
Gambar 7. Simulasi *VSWR* Iterasi W_s

Dari Gambar 6 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa ukuran dimensi *slot* mempengaruhi nilai *return loss* dan VSWR pada desain antenna. Hasil terbaik diperoleh pada proses iterasi ketiga dimana $W_s = 12$ mm dengan *return loss* value ≤ -10 dB dan $VSWR \leq 2$ pada rentang frekuensi kerja 421 MHz - 757 MHz dengan *bandwidth* 339 MHz. Hasil keseluruhan dari proses simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

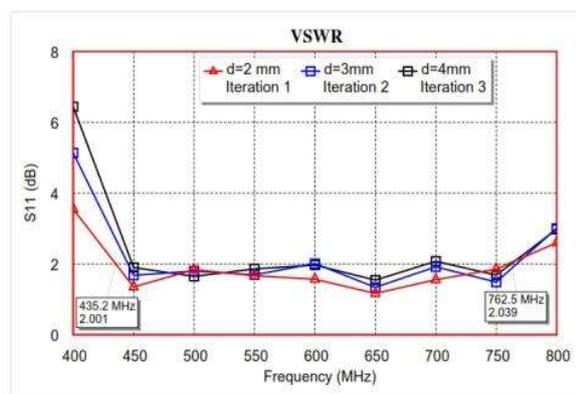
Tabel 2. Bandwidth dari Hasil Iterasi W_s

No	Iterasi	Dimensi (W_s)	Bandwidth
1.	Pertama	6 mm	270.7 MHz
2.	Kedua	9 mm	330 MHz
3.	Ketiga	12 mm	339 MHz

Untuk memperoleh nilai *bandwidth* dan *gain* maksimal maka dilakukan iterasi pada jarak celah udara (d) pada antenna rancangan. Hasil simulasi *return loss* dan VSWR dari proses iterasi jarak celah udara (d) pada antenna rancangan dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 8. Simulasi Return Loss Iterasi d



Gambar 9. Simulasi VSWR Iterasi d

Dari Gambar 8 dan Gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil simulasi yang optimal diperoleh pada saat $d = 2$ mm dengan nilai *return loss* ≤ -10 dB dan $VSWR \leq 2$ pada rentang frekuensi kerja 421 MHz – 757 MHz dengan *bandwidth* 339 MHz. Hasil keseluruhan dari proses iterasi *air gap* dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

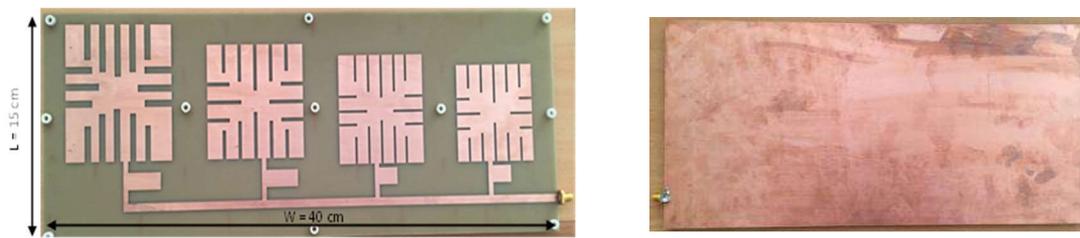
Tabel 3. Bandwidth dari Hasil Iterasi Jarak Celah Udara (d)

No	Iterasi	Dimensi (d)	Bandwidth
1.	Pertama	2 mm	339 MHz
2.	Kedua	3 mm	164.8 MHz
3.	Ketiga	4 mm	127 MHz

3.2 Hasil Pabrikasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip

Setelah memperoleh hasil simulasi yang maksimal, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan proses pabrikasi dari antenna hasil rancangan. Pabrikasi dilakukan dengan menggunakan PCB jenis FR-4 yang dihubungkan dengan konektor SMA-Female sebagai pencatu untuk keluaran antenna. Untuk antenna log periodik menggunakan substrat *double side* dimana bagian bawahnya terdapat tembaga yang berfungsi sebagai *ground*, sedangkan untuk elemen parasitik menggunakan substrat *single side* dimana pada bagian bawah antenna tidak terdapat tembaga. Adapun desain antenna log periodik dapat dilihat pada Gambar 10

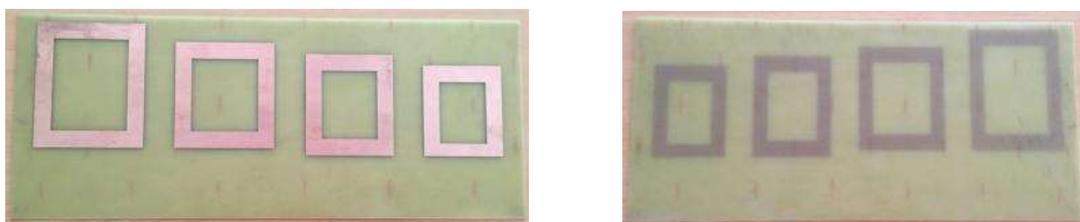
dan desain elemen parasitik pada Gambar 11. Untuk desain keseluruhan antenna hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 12.



(a) Bagian Atas

(b) Bagian Bawah

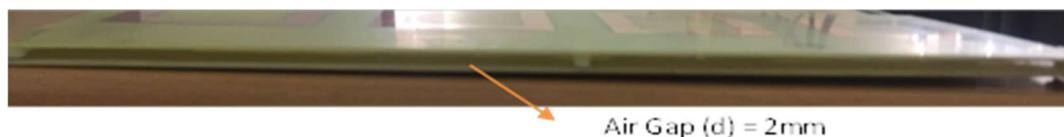
Gambar 10. Hasil Pabrikasi Antena Mikrostrip Log Periodik (a) Bagian Atas; (b) Bagian Bawah



(a) Bagian Atas

(b) Bagian Bawah

Gambar 11. Hasil Pabrikasi Elemen Parasitik (a) Bagian Atas; (b) Bagian Bawah



Gambar 12. Penggabungan dan Penyusunan Antena Log Periodik dan Elemen Parasitik dengan Celah Udara

Setelah dilakukan pabrikasi terhadap desain antena log periodik dan elemen parasitik, tahapan selanjutnya adalah menyusun kedua elemen antena tersebut yang dipisahkan oleh celah udara (*air gap*) dengan jarak $d = 2$ mm. Antena log periodik dan elemen parasitik dipisahkan menggunakan penyangga dengan bahan plastik dengan jarak celah yaitu 2 mm. Penggunaan penyangga dengan bahan plastik bertujuan untuk memberi celah udara dan juga bahan jenis plastik lebih aman terhadap interferensi gelombang dibandingkan dengan penyangga berbahan dasar besi/aluminium.

3.3 Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip

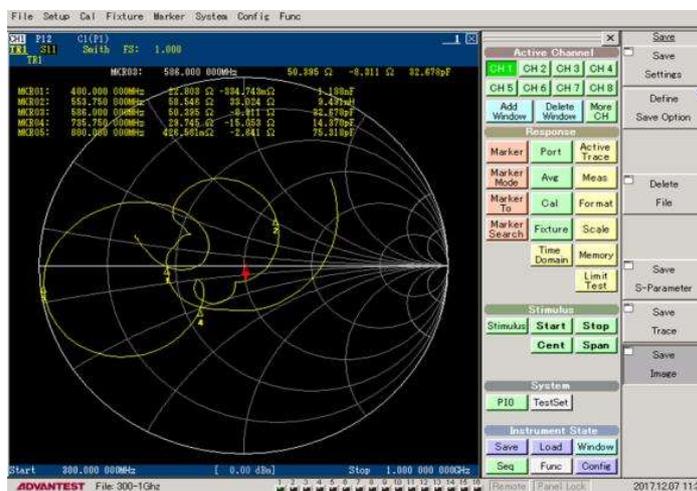
Pengukuran *return loss* dilakukan dengan menggunakan alat ukur Vector Network Analyzer merk ADVANTEST dengan rentang frekuensi kerja 300 MHz – 1000 MHz. Pengukuran ini dilakukan di laboratorium antena dan propagasi di PPET LIPI Bandung. Hasil pengukuran *return loss* dari antena yang di usulkan dapat dilihat pada Gambar 13, 14 dan 15.



Gambar 13. Hasil Pengukuran *Return loss* dari Antena Hasil Rancangan



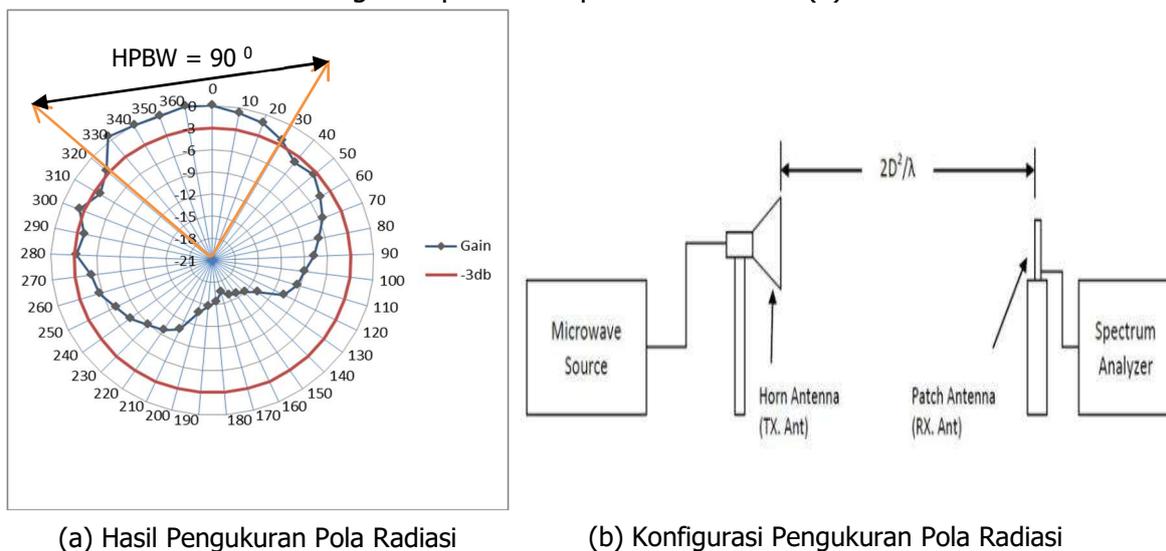
Gambar 14. Hasil Pengukuran VSWR dari Antena Hasil Rancangan



Gambar 15. Hasil Pengukuran Impedansi (Z_{in}) pada Antena Hasil Rancangan

Dari Gambar 13 dan Gambar 14 dapat dilihat bahwa antena yang diusulkan menghasilkan nilai *return loss* ≤ -10 dB pada rentang frekuensi 461 MHz – 734 MHz. *Bandwidth* yang dihasilkan dari antena mikrostrip yang diusulkan adalah 273 MHz. Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa nilai impedansi antena yang dipabrikasi sudah mendekati 50 Ohm yaitu $50.35 - j 8.113$ pada frekuensi kerja 586 MHz untuk aplikasi TV Digital. Hal ini menunjukkan bahwa antena memiliki nilai impedansi yang baik dan sesuai dengan impedansi outputnya. Dari keseluruhan hasil proses pengukuran S_{11} (*return loss*, *VSWR* dan impedansi) antena yg dirancang telah memenuhi syarat untuk dapat diaplikasikan untuk TV Digital pada rentang ferkuensi 478-694 MHz.

Selain itu, untuk melihat kinerja *gain* dan pola radiasi antena rancangan dilakukan proses pengukuran pada ruang *anechoic chamber*. Pengukuran antena mikrostrip dilakukan di Lab Antena dan Propagasi PPET LIPI Bandung dengan menggunakan perangkat *frequency generator* sebagai pembangkit sinyal dan *spectrum analyzer* sebagai penerima sinyal. Untuk antena pembanding digunakan jenis *horn* dengan *gain* 12 dBi. Konfigurasi pengukuran pola radiasi pada antena mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 16 (b) dibawah ini. Antena yang dirancang diposisikan sebagai antena penerima yang sudut *azimuth*-nya akan digeser secara bertahap dari 0° sampai dengan 360° . Hasil pengukuran pola radiasi pada ruang *anechoic chamber* dari antena rancangan dapat dilihat pada Gambar 16 (a).



Gambar 16. Pengukuran Pola Radiasi

Dari Gambar 16 (a) dapat dilihat bahwa antena yang dirancang menghasilkan pola radiasi *directional* / satu arah dengan sudut berkas pancaran / *Half Power Beamwidth* (HPBW) sebesar 90° dari rentang sudut 320° sampai dengan 30° . Hal ini menunjukkan antena yang dirancang memiliki pola pancar yang cukup lebar untuk menerima sinyal yang masuk dari pemancar TV Digital. Selain itu dilakukan pengukuran *gain* untuk melihat kinerja dari antena mikrostrip yang telah dirancang. Dari hasil pengukuran antena mikrostrip yang dilakukan di laboratorium antena dan propagasi PPET LIPI Bandung, diperoleh hasil sebagai berikut. *Gain* diukur pada frekuensi kerja 600 MHz dengan *power* 0 dB dari *function generator* dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7).

$$\text{Gain (pengukuran)} : P_1(\text{Rx}) - P_2(\text{Tx}) + G_{\text{ref}} \quad (7)$$

Dimana :

$P_1(\text{Rx})$ = saat antenna rancangan sebagai penerima

$P_2(\text{Tx})$ = saat antenna rancangan sebagai pemancar

G_{ref} = antenna referensi, dimana *gain*-nya telah diketahui 12 dB

Dari hasil pengukuran menggunakan *spectrum analyzer* terhadap antenna hasil perancangan pada ruang *anechoic chamber* dengan antenna pembanding tipe *horn* yang bekerja pada frekuensi kerja 3 GHz – 15 GHz dengan penguatan 12 dB. Pada proses pengukuran diperoleh nilai pengukuran level penerimaan sinyal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Level Penerimaan Sinyal pada Ruang *Anechoic Chamber*

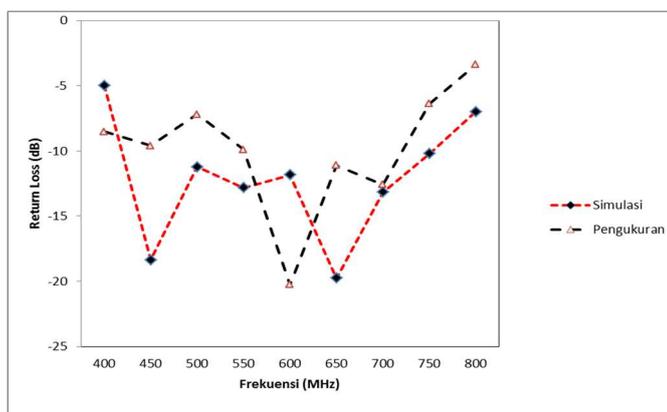
No	Sudut Penerimaan	Level Penerimaan	
		Antena Rancangan $P_1(\text{Rx})$	Antena Pembanding $P_2(\text{Tx})$
1.	0°	-43.85 dB	-48.12 dB
2.	90°	-51.68 dB	-49.27 dB
3.	180°	-59.23 dB	-49.13 dB
4.	360°	-43.65 dB	-48.32 dB

Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa antenna hasil rancangan memiliki level penerimaan terbaik pada sudut 0° dengan nilai -43.85 dB pada saat antenna rancangan jadi penerima dan -48.12 dB pada saat menjadi pemancar. Nilai *gain* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7) dengan *gain* referensi antenna pembanding 12 dB.

$$\begin{aligned} \text{Gain (pengukuran)} &= -43.85 \text{ dBm} - (-48.12 \text{ dBm}) + 12 \text{ dB} \\ &= 16.27 \text{ dB} \end{aligned}$$

3.4 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Simulasi

Dari hasil simulasi dan pengukuran yang telah dilakukan maka dapat dianalisis tingkat kesalahan dari parameter antenna yang telah dipabrikasi. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran parameter *return loss* pada antenna mikrostrip yang telah dipabrikasi dapat dilihat pada Gambar 17 .



Gambar 17. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran *Return Loss*

Dari Gambar 17 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari antenna mikrostrip yang telah dipabrikasi memiliki perbedaan dengan hasil simulasi. Perbandingan secara keseluruhan dari

proses simulasi dan pengukuran parameter *return loss* dari antena yang telah dipabrikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran *Return loss*

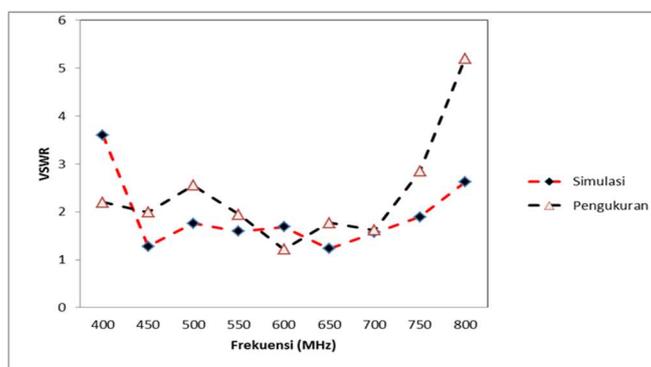
No	Frequency (MHz)	Nilai <i>Return loss</i> (dB)	
		Pengukuran	Simulasi
1.	400	-8.52	-4.96
2.	450	-9.60	-18.37
3.	500	-7.19	-11.23
4.	550	-9.89	-12.83
5.	600	-20.27	-11.85
6.	650	-11.10	-19.76
7.	700	-12.57	-13.17
8.	750	-6.38	-10.22
9.	800	-3.38	-6.99

Dari Gambar 17 dan Tabel 5 dapat dianalisis bahwa pada frekuensi yang mendekati 586 MHz yaitu 600 MHz hasil pengukuran memiliki *return loss* lebih baik daripada hasil simulasi. Pada proses simulasi diperoleh nilai *return loss* sebesar -11.85 dB sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* sebesar -20.27 dB. Untuk *bandwidth* yang dihasilkan dari proses pengukuran menjadi lebih sempit dibandingkan dengan proses simulasi. Perbandingan *bandwidth* dari proses pengukuran dan simulasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan *Bandwidth* Simulasi dan Pengukuran

<i>Bandwidth</i> Hasil Simulasi	<i>Bandwidth</i> Hasil Pengukuran
339 MHz (421 – 757 MHz)	273 MHz (461 MHz – 734 MHz)

Dari hasil data yang diperoleh pada saat pengukuran pada Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa antena yang dipabrikasi mengalami penurunan nilai *bandwidth* sebesar 24.5 % dari hasil yang diperoleh dari proses simulasi. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk mengatur jarak yang presisi untuk celah udara (*air gap*), perubahan sedikit saja pada celah *air gap* akan menghasilkan *bandwidth* yang berbeda. Antena yang dipabrikasi mengalami pergeseran rentang frekuensi kerja yang juga disebabkan oleh kondisi ketidaksesuaian impedansi antara antena dan konektor serta penggunaan timah yang juga dapat mengubah nilai kesesuaian impedansi sehingga pergeseran frekuensi terjadi. Selain itu, perbandingan hasil simulasi dan pengukuran dari VSWR pada antena yang telah dipabrikasi dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR

Dari Gambar 18 dapat dilihat bahwa nilai VSWR yang dihasilkan dari proses pengukuran pada frekuensi kerja tertentu mengalami peningkatan namun pada titik lain mengalami penurunan. Perbandingan keseluruhan dari proses pengukuran dan simulasi VSWR pada antenna yang dipabrikasi dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Simulasi dan Pengukuran VSWR

Frequency (MHz)	Nilai VSWR	
	Pengukuran	Simulasi
400	2.20	3.59
450	1.99	1.27
500	2.55	1.76
550	1.94	1.59
600	1.21	1.69
650	1.77	1.23
700	1.62	1.56
750	2.85	1.89
800	5.20	2.62

Dari hasil perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa untuk nilai VSWR hasil pengukuran lebih baik dari simulasi. Nilai VSWR pada frekuensi kerja 600 MHz mengalami peningkatan sebesar 39.7 % dari hasil simulasi. Hal ini dikarenakan terjadinya pergeseran rentang frekuensi kerja pada antenna mikrostrip yang dipabrikasi sehingga menyebabkan nilai *return loss* dan VSWR meningkat.

Selain itu dilakukan proses perbandingan antenna mikrostrip log periodik sebelum dan sesudah menggunakan elemen parasitik dengan *air gap*. *Gain* dari antenna log periodik tanpa parasitik dengan celah udara didapatkan dari penelitian sebelumnya adalah 11.62 dB diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh **(Surjati I, Ningsih YK, Alam S, 2017)**. Adapun hasil perbandingan dari kedua antenna tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Nilai Simulasi dan Pengukuran *Gain*

No	Jenis Antena	<i>Gain</i>
1.	Log Periodik Biasa	11.62 dB
2.	Log Periodik dengan parasitik celah udara	16.27 dB

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan elemen parasitik *air gap* meningkatkan nilai *gain* sampai dengan 40.02% dibandingkan antenna log periodik biasa. Peningkatan nilai *gain* sudah memenuhi kriteria yang ditargetkan yaitu *gain* 15 dB dan layak untuk digunakan sebagai antenna penerima TV Digital.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip log periodik yang dikembangkan dengan metode parasitik celah udara yang bekerja pada rentang frekuensi kerja 478-694 MHz untuk aplikasi TV Digital. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* sebesar -20.27 dB dan VSWR sebesar 1.21 pada frekuensi kerja 600 MHz.

Frekuensi kerja pada antena mikrostrip yang dipabrikasi mengalami pergeseran dari 586 MHz menjadi 600 MHz namun masih dalam rentang frekuensi kerja TV Digital. *Bandwidth* yang dihasilkan dari antena mikrostrip log periodik dengan elemen parasitik *air gap* adalah 273 MHz (461 MHz – 734 MHz) sesuai dengan standar kebutuhan rentang frekuensi TV digital di Indonesia yaitu 478 – 694 MHz. Penggunaan metode parasitik dengan *air gap* berhasil menghasilkan nilai *gain* sebesar 16.27 dB atau meningkat sebesar 40.02 % dibanding sebelum menggunakan parasitik *air gap* pada rentang frekuensi kerja 600 MHz. Dari keseluruhan proses simulasi dan pengukuran dapat disimpulkan bahwa antena yang dirancang telah memenuhi kriteria dan cocok untuk digunakan sebagai antena penerima pada sistem TV Digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Trisakti yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Internal tahun akademik 2017/2018.

DAFTAR RUJUKAN

- Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. (2017). Miniaturization of array microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication. *In Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, 2017 15th International Conference on*, (pp. 91-95).
- Candra, H. (2013). Desain Antena Kubikal 600 MHz Sebagai Antena Penerima Siaran Televisi Indoor/Outdoor. *Penelitian Kemitraan YPPTI. Universitas Trisakti*.
- Jacob Abraham, Thomaskutty Mathew, Chandroth K. Aanandan. (2016). A Novel Proximity Fed Gap Coupled Microstrip Patch Array. *Progress In Electromagnetics Research C*, 61, 171-178.
- Kemenkominfo. (2011). PERMENKOMINFO No. 23/PER/M.KOMINFO/11/2011. *Rencana Induk (Masterplan) Frekuensi Radio Untuk Keperluan Televisi Siaran Digital Terrestrial Pada Pita Frekuensi Radio 478 – 694 MHz(1-10)*. DKI Jakarta: Kominfo.
- Kemenkominfo. (2012). Indonesia Goes Digital Komunikasi Informasi. *Seminar Kementrian Komunikasi Dan Informatika Direktorat Jenderal Penyelenggaraan Pos Dan Informatika*, (pp. 1-15).
- Kemenkominfo. (2012). PERMENKOMINFO No. 05 / PER / M.KOMINFO / 02/2012. Dalam *Standar Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (Free-To-Air)*. (Vol. 1-3).

- Mrnka M, Raida Z. (2016). Gain improvement of higher order mode dielectric resonator antenna by thin air gap. *In Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom), International Conference on 2016*, (pp. 1-3).
- Rahim, M. K. A., & Gardner, P. (2004). Microstrip log periodic antenna (LPA) using inset feed. *In Antenna Technology and Applied Electromagnetics and URSI Conference, 2004. ANTEM 2004*, (pp. 1-4).
- Stutzman WL, Thiele GA. (2013). *Antenna theory and design*. John Wiley & Son.
- Surjati I, Ningsih YK, Alam S. (2017). Peripheral Slits Microstrip Antenna Using Log Periodic Technique for Digital Television Broadcasting. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 15(2), 628-635.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. DKI Jakarta: Universitas Trisakti.
- Teguh Firmansyah, Herudin, Romi Wiryadinata, M.Iman Santoso, Yus Rama Denny, Toto Supriyanto. (2017, September). Bandwidth and Gain Enhancement of MIMO Antenna Using Ring and Circular Parasitic with Air-Gap. *TELKOMNIKA*, 15(3), 1155-1163.
- Wijanto E, Alam S, Harsono B. (2018). Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip Array 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LT. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(2), 244.
- Wong, K. L. (2004). *Compact and broadband microstrip antennas* (Vol. 168). John Wiley & Sons.