

MODIFIKASI PATCH LINGKARAN DAN LENGAN PADA DESAIN ULTRA-WIDEBAND DOUBLE LAYER PRINTED ANTENNA UNTUK MENDETEKSI PARTIAL DISCHARGE

Yuda Muhammad Hamdani, Rian Nurdiansyah, Mindit Eriyadi

Politeknik Enjineri Indoroma, Purwakarta

Email : yuda.muhammad@pei.ac.id

Abstrak

Partial discharge merupakan suatu fenomena peluahan listrik secara local yang menghubungkan secara parsial dari isolasi diantara konduktor dan yang terjadi baik di permukaan konduktor maupun di dalam konduktor (void). Selama terjadi partial discharge, ada beberapa fenomena yang menyertai terjadinya partial discharge, antara lain arus impuls, radiasi cahaya panas, gelombang elektromagnetik, gelombang mekanik dan proses kimia. Fenomena inilah yang ditangkap untuk mengetahui keberadaan partial discharge. Salah satu pengukuran partial discharge menggunakan metode ultra high frekuensi yaitu, dengan mengukur gelombang yang ditimbulkan oleh partial discharge. Antenna merupakan salah satu bentuk antenna yang dikembangkan dari sebuah antenna referensi. Perubahan parameter (r , C , D , E , F) menunjukkan hasil yang tidak terlalu signifikan terhadap referensi yang telah ada. Namun perubahan parameter r menjadi salah satu perubahan yang sangat signifikan terhadap perubahan nilai ukuran dimensi.

Kata kunci: partial discharge, antenna, microstrip

Abstract

Partial discharge is a phenomenon of local electrical discharge which connects partially from the insulation between the conductor and that occurs both on the surface of the conductor and inside the conductor (voids). During the partial discharge, there are several phenomena that accompany the partial discharge, including impulse currents, heat radiation, electromagnetic waves, mechanical waves and chemical processes. This phenomenon is captured to find out the existence of partial discharge. One of the partial discharge measurements using the ultra high frequency method, namely, by measuring the waves caused by partial discharge. Antenna is a form of antenna that was developed from a reference antenna. Changes in parameters (r , C , D , E , F) show results that are not too significant to the existing references. But the change in the parameter r becomes one of the very significant changes to the change in dimension size values.

Keywords: partial discharge, antenna, microstrip

1. PENDAHULUAN

Partial Discharge adalah peristiwa pelepasan bunga api listrik yang terjadi pada sebagian dari sistem isolasi sebagai akibat dari adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Pada saat sistem isolasi menahan electrical stress dan thermal stress yang terus menerus maka akan terjadi penuaan (aging) yang menyebabkan kegagalan isolasi. Fenomena ini dideteksi dengan pengamatan dan pengukuran pulsa Partial discharge. pengukuran partial discharge dapat dideteksi oleh antenna sebagai sensor dengan metode UHF. Antenna dapat mendeteksi partial discharge melalui gelombang yang dipancarkan oleh suatu bahan isolasi yang mengalami partial discharge. Frekuensi gelombang partial discharge berada pada rentang 300 MHz – 3 GHz. Desain antenna yang akan digunakan untuk mendeteksi PD adalah Ultra-Wideband Double Layer Antenna. Antenna tersebut memiliki frekuensi kerja yang lebar 50 MHz – 5 GHz. Desain antenna tersebut memiliki parameter yang masih dapat dilakukan perbaikan untuk memperoleh hasil yang optimum [1] – [7];[9];[10]. Parameter pada bagian patch antenna akan disimulasikan kembali dengan beberapa ukuran untuk melihat hasil perubahan yang akan diperoleh. Hasil perubahan ini akan digunakan untuk referensi perbaikan antenna agar mendapatkan hasil yang maksimum.

Makalah dikirim 2 Maret 2022; Revisi 21 Maret 2022; Diterima 2 April 2022

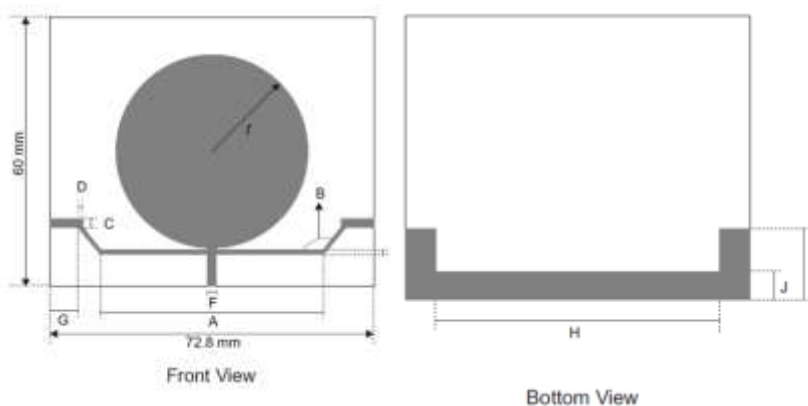
Metode penelitian menggunakan referensi dari bentuk antenna yang telah dibuat dengan karakteristik yang sesuai untuk pengukuran partial discharge. Referensi antenna disimulasikan pada software CST Visual Studio 2016 untuk melihat hasil parameter seperti Returnloss dan VSWR. Dimensi pada bentuk antenna disimulasikan dengan 3 ukuran yang berbeda, sehingga dapat membandingkan ketiga hasil simulasi. Dari semua perbandingan hasil simulasi didapatkan dimensi optimum dari antenna. Dimensi optimum digunakan sebagai hasil akhir dari percobaan dari semua perubahan dimensi yang telah dilakukan, karena pada desain optimum parameter antenna merupakan hasil paling baik dari percobaan yang telah dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam Penelitian ini, desain antenna menurut referensi paper “Numerical Design of ultra-Wideband Printed Antenna for Surface Penetrating Radar Application” oleh Roy B. V. B. Simorangkir dan Achmad Munir yang menjadi usulan pada percobaan simulasi [8]. Berdasarkan alasan kesederhanaan dan kemungkinan pengembangan lebih lanjut, antenna monopole berbentuk T dengan beban resistif dipilih sebagai rancangan awal antenna yang diusulkan. Penyelidikan parameter pada lengan dan patch berbentuk lingkaran diimplementasikan ke desain yang ada untuk mencapai desain optimal.

Penempatan patch lingkaran di atas lengan antenna diinvestigasi. Nilai awal jari-jari patch untuk penyelidikan dipilih menjadi 22 mm karena nilai ini mendekati seperempat panjang gelombang frekuensi tengah. Karena efek pembebanan resistif pada langkah sebelumnya berkontribusi pada penurunan efisiensi radiasi yang lebih kuat daripada transisi mendadak, penempatan patch lingkaran diharapkan dapat meningkatkan efisiensi radiasi. Selain itu, patch lingkaran juga mempengaruhi peningkatan resistansi radiasi dan sebaran efektif antenna juga, sehingga efisiensi radiasi antenna dapat meningkat.

Oleh karena itu, geometri akhir antenna yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 1. Parameter optimum antenna yang diusulkan seperti panjang lengan setelah transisi (C), lebar lengan (D), lebar lengan (E), lebar pencatu daya (F), jari-jari lingkaran patch (r), diselidiki melalui studi parametrik dengan koefisien refleksi (S11) digunakan untuk indikator kinerja untuk setiap parameter. Tabel 1 adalah dimensi dari antenna referensi.



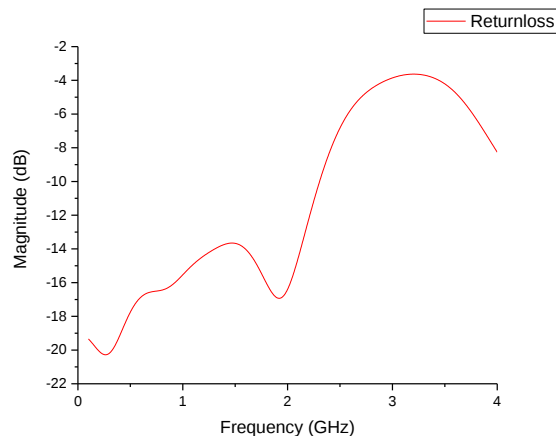
Gambar 1. Desain antenna referensi beserta dimensinya, tampak a. depan dan b. belakang.

Tabel 1. Dimensi dari antenna referensi.

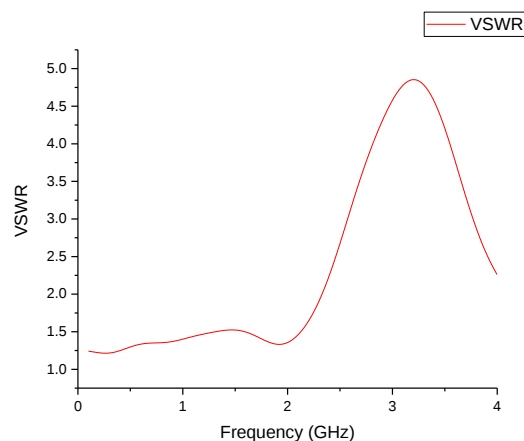
Variabel	Dimensi
A	50 mm
B	150 deg
C	2 mm
D	1 mm
E	0.5 mm
F	3 mm
G	6.5 mm
H	60 mm
I	15 mm
J	6 mm
r	22 mm
Resistive loading	82 ohm

Bentuk antenna referensi mempunyai hasil lebar pita yang besar mulai 50 MHz – 2,30 GHz yang mampu diimplementasikan untuk mendeteksi sinyal PD. Frekuensi sinyal PD yaitu pada rentang 300 MHz – 3 GHz. Hal tersebut menandakan rentang antenna masih sesuai untuk digunakan pada pengukuran PD karena rentang frekuensi PD terdapat pada rentang frekuensi antenna. Berikut hasil pengukuran Return Loss dan VSWR antenna referensi yang dapat menunjukkan kinerja dari sebuah antenna.

Hasil dari pengukuran Return Loss serta VSWR berdasarkan software simulasi ditunjukkan pada Gambar 2, dimana desain mengacu pada referensi antenna.



Gambar 2. Hasil Returnloss Antenna.



Gambar 3. Hasil VSWR Antenna

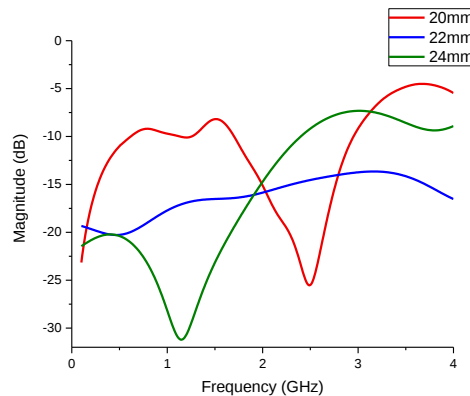
Gambar 2 dan 3 menunjukkan hasil simulasi menggunakan software CST. Hasil yang didapatkan rentang frekuensi kerja (VSWR < 2 dan Returnloss < -10dB) antenna 50 MHz – 2,30 GHz. Hasil frekuensi, antenna sudah mampu untuk mendeteksi sinyal PD, karena rentang frekuensi sinyal PD masih terdapat pada rentang frekuensi yang antenna.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

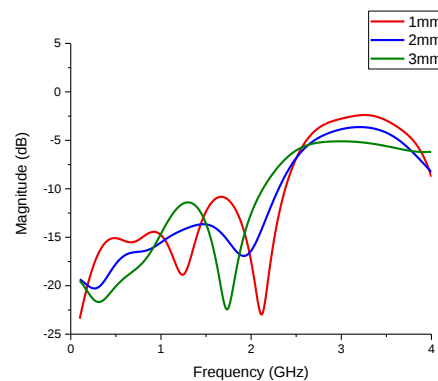
3.1. Hasil Simulasi Patch Lingkaran

Makalah sebaiknya dijabarkan dari permasalahan secara umum sampai pada permasalahan khusus yang dituliskan secara sistematis, gunakan referensi yang relevan untuk menjabarkan setiap permasalahan yang ada. Setiap referensi harus dituliskan didalam daftar pustaka dan setiap pustaka harus dirujuk didalam tulisan.

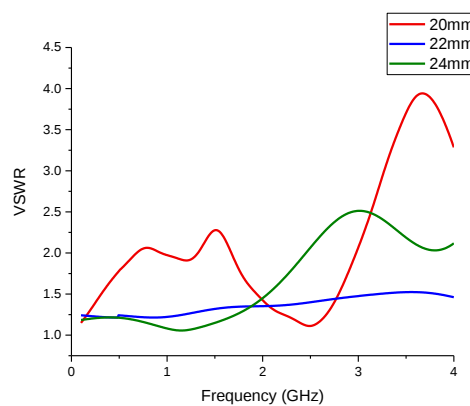
Parameter pertama yang diselidiki adalah jari jari dari patch yang berbentuk lingkaran (r) dan lebar patch (F). Percobaan dimulai dengan pengaturan F dalam nilai konstan 2 mm dan kemudian melakukan studi parameter untuk mendapatkan nilai optimum F , dengan nilai optimum r , studi parameter dilakukan lagi untuk mendapatkan nilai optimum r . Gambar 4 dan 5 menunjukkan efek dari berbagai parameter F dan r terhadap koefisien refleksi dan Gambar 6 dan 7 menunjukkan efek dari berbagai parameter F dan r terhadap VSWR. Dari hasil tersebut, nilai optimum F dalah 2 mm, sedangkan untuk r adalah 22 mm. Hal ini menandakan bahwa penyesuaian r berpengaruh signifikan terhadap pencocokan impedansi untuk frekuensi tinggi dan frekuensi rendah, sedangkan penyesuaian F memainkan peranan penting terhadap pencocokan impedansi untuk frekuensi.



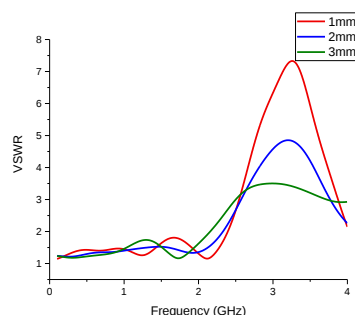
Gambar 4. Hasil Koefisien refleksi terhadap perubahan parameter R .



Gambar 5. Hasil Koefisien refleksi terhadap perubahan parameter F .



Gambar 6. Hasil VSWR terhadap perubahan parameter R .



Gambar 7. Hasil VSWR terhadap perubahan parameter *F*.

Berdasarkan hasil koefisien refleksi terhadap perubahan parameter (*r*) atau parameter lingkaran dilihat pada grafik koefisien refleksi pada Gambar 7. Perubahan ukuran di atas atau di bawah nilai referensi (22 mm) mengubah hasil koefisien refleksi yang sangat signifikan. Bisa dilihat pada gambar tersebut pada nilai 20 mm terbagi menjadi tiga rentang frekuensi dan pada nilai 24 mm terbagi menjadi 2 frekuensi pada - 10dB. Hal serupa terjadi juga pada VSWR ketika perubahan nilai menjadi 20 mm dan 24 mm, rentang frekuensi menjadi lebih kecil.

Pengukuran nilai *F* berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan 7 mengindikasikan hasil koefisien refleksi dan VSWR yang didapat tidak terlalu signifikan terhadap perubahan nilai baik pada nilai 1 mm, 2 mm dan 3 mm. Perubahan nilai *F* terhadap bandwidth frekuensi antenna hanya terdapat perubahan kecil (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Dimensi *F*.

No	Dimensi <i>F</i>	Bandwidth	ReturnLoss	VSWR
1	1 mm	50 MHz – 2.39 GHz	50 Mhz – 2.37 GHz	50 MHz – 2.39 GHz
2	2 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.32 GHz
3	3 mm	50 MHz – 2.13 GHz	50 Mhz – 2.13 GHz	50 MHz – 2.15 GHz

Dari hasil pengukuran, *r* optimal pada ukuran 22 mm dengan bandwidth antenna 50 MHz – 2.39 GHz. Sedangkan *F* optimal pada ukuran 1 mm dengan bandwidth 50 MHz – 2.39 GHz.

Hal ini menandakan untuk perubahan *r* dapat mengubah bandwidth dengan perbedaan yang sangat signifikan terhadap nilai koefisien refleksi dan VSWR antenna (Tabel 3). Sedangkan perubahan nilai *F* tidak signifikan terhadap nilai koefisien refleksi dan VSWR.

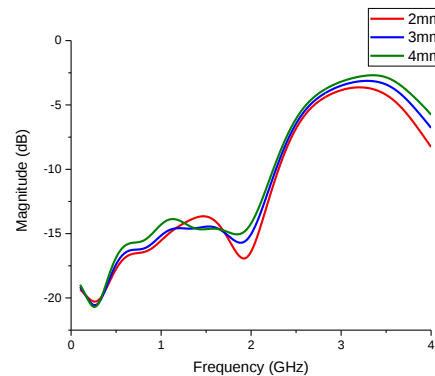
Tabel 3. Hasil Pengukuran Dimensi *r*.

No	Dimensi <i>R</i>	Bandwidth	ReturnLoss	VSWR
1	20 mm	50 MHz – 0.61 GHz	50 MHz – 0.61 GHz	50 MHz – 0.68 GHz
		1.12 GHz – 1.25 Ghz	1.12 GHz – 1.25 Ghz	0.93 GHz – 1.32 Ghz
		1.70 Ghz – 2.95 GHz	1.70 Ghz – 2.95 GHz	1.67 Ghz – 2.97 GHz
		2.30 GHz – 50 MHz –	2.30 GHz – 50 Mhz –	2.33 GHz – 50 MHz –
2	22 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.33 GHz
3	24 mm	50 MHz – 1.12 GHz 3.78 GHz – 4 Ghz	50 MHz – 1.12 GHz 3.78 GHz – 4 Ghz	50 MHz – 1.15 GHz 3.77 GHz – 4 Ghz

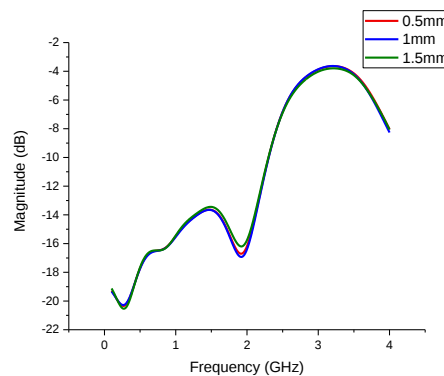
3.2. Hasil Simulasi lengan

Setiap paragraf hendaknya terdiri dari satu kalimat inti dan beberapa kalimat penjelas. Pembahasan sebaiknya diberikan secara sistematis dan memberikan informasi tentang bagaimana penulis melakukan, baik berhubungan dengan data, metode dan tahapan didalam melakukan penelitian tersebut.

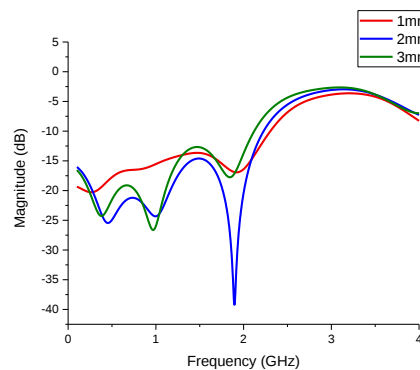
Dimensi Lengan memiliki parameter C, D, dan E. Parameter yang diselidiki adalah panjang dan lebar dari lengan (C, D, dan E). Percobaan dimulai dengan pengaturan C dalam nilai konstan 2 mm dan kemudian melakukan studi parameter untuk mendapatkan nilai optimum C, dengan nilai optimum C, studi parameter dilakukan lagi untuk mendapatkan nilai optimum D dan E. Gambar 9 – 11 menunjukkan efek dari berbagai parameter C, D dan E terhadap koefisien refleksi dan Gambar 12 – 14 menunjukkan efek dari berbagai parameter C, D dan E terhadap VSWR.



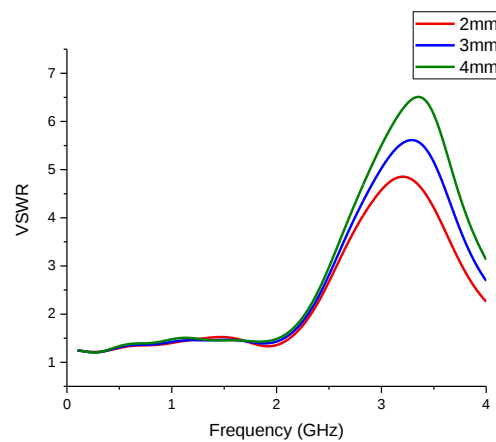
Gambar 9. Hasil Koefisien refleksi terhadap perubahan parameter C.



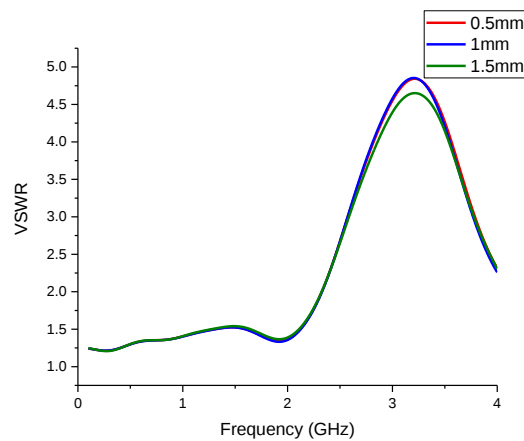
Gambar 10. Hasil Koefisien refleksi terhadap perubahan parameter D.



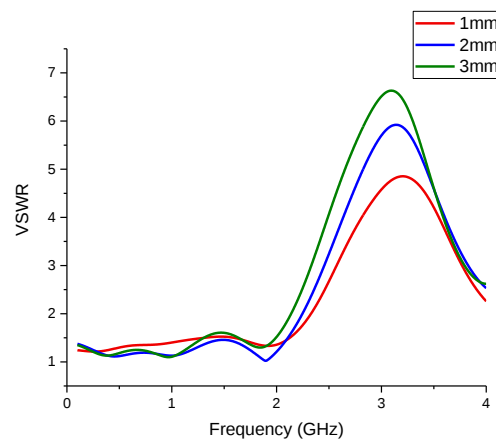
Gambar 11. Hasil Koefisien refleksi terhadap perubahan parameter E.



Gambar 12. Hasil VSWR terhadap perubahan parameter C.



Gambar 13. Hasil VSWR terhadap perubahan parameter D.



Gambar 14. Hasil VSWR terhadap perubahan parameter E.

Berdasarkan hasil yang didapat, perubahan parameter C dengan ukuran 2 mm, 3 mm dan 4 cm mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan pada grafik koefisien refleksi dan

VSWR. Frekuensi yang didapat yaitu 50 MHz – 2.30 GHz. Hal serupa terjadi pada hasil D dan E, perubahan yang tidak terlalu signifikan ketika terjadi perubahan nilai, bandwidth yang masih berada pada rentang yang hampir sama. Tabel 4 – 6 berikut adalah data pengukuran dimensi C, D dan E pada ke-tiga ukuran yang diperoleh.

Tabel 4. Hasil pengukuran dimensi C.

No	Dimensi C	Bandwidth	ReturnLoss	VSWR
1	2 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.33 GHz
2	3 mm	50 MHz – 2.27 GHz	50 MHz – 2.27 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz
3	4 mm	50 Mhz – 2.24 GHz	50 Mhz – 2.24 GHz	50 Mhz – 2.27 GHz

Tabel 5. Hasil Pengukuran Dimensi D.

No	Dimensi D	Bandwidth	ReturnLoss	VSWR
1	0.5 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.33 GHz
2	1 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.32 GHz
3	1.5 mm	50 Mhz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.32 GHz

Tabel 6. Hasil Pengukuran Dimensi E.

No	Dimensi E	Bandwidth	ReturnLoss	VSWR
1	1 mm	50 MHz – 2.30 GHz	50 Mhz – 2.30 GHz	50 MHz – 2.33 GHz
2	2 mm	50 MHz – 2.22 GHz	50 MHz – 2.22 GHz	50 Mhz – 2.24 GHz
3	3 mm	50 Mhz – 2.12 GHz	50 Mhz – 2.12 GHz	50 Mhz – 2.13 GHz

Hasil pengukuran nilai C optimal pada ukuran 2 mm dengan bandwidth antenna 50 mHz – 2.30 GHz. D optimal pada ukuran 1mm dengan bandwidth 50 MHz – 2.30 GHz. Sedangkan E optimal pada ukuran 1 mm dengan bandwidth 50 MHz – 2.30 GHz. Hal ini mengakibatkan perubahan ukuran pada dimensi bentuk C, D dan E tidak signifikan mempengaruhi nilai bandwidth yang dilihat dari hasil koefisien refleksi dan VSWR.

4. KESIMPULAN

Desain numerik dari antenna yang diusulkan untuk deteksi PD telah dibuktikan melalui penyelidikan parameter fisiknya. Antena yang memiliki ukuran kompak 72,8 mm x 60,0 mm telah diimplementasikan pada substrat FR-4 Epoxy dengan permitivitas 4,3 dan ketebalan 1,6 mm. Perubahan dimensi r, C, D, E dan F memiliki peran masing-masing dalam membangun kinerja antenna secara keseluruhan. Namun tingkat sigifikansi perubahan tersebut hanya parameter r saja yang mengalami perubahan nilai koefisien refleksi dan VSWR sangat signifikan. Perubahan dimensi lain C, D, E, F tidak signifikan terhadap koefisien refleksi dan VSWR terhadap perubahan nilai. Dari hasil penyelidikan, telah ditunjukkan bahwa antenna memiliki bandwidth kerja besar dari 50 MHz – 2.30 GHz untuk nilai VSWR kurang dari 1,5. Perlu dicatat bahwa antenna yang diusulkan dapat memenuhi kebutuhan pengukuran partial discharge.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Institut Teknologi Bandung, khususnya Laboratorium Kerma PLN. Penulis ingin mengucapkan terima kasih atas diskusi yang berharga dari Umar Khayam dari

Institut Teknologi Bandung. Dan Penelitian ini didukung pula oleh Departemen Teknik Elektro, Politeknik Enjinereng Indorama dan YPI. Kami juga berterima kasih telah menyediakan fasilitas dan bimbingan dalam proses mengerjakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abrar Hakim, Umar Khayam "Design of Planar Goubau Line Antenna for Detecting Partial Discharge in GIS", ", Proceeding of IEEE International Conference on Renewable Energy and Power Engineering – ICPERE 2016, Yogyakarta, Indonesia, November 28-30, 2016.
- [2] Farrah Vauzia, Suwarno, Umar Khayam, "Design and Implementation of Double Layer Printed Bow-Tie Antenna as UHF Sensor For Partial Discharge Measurement", International Conference on Sensor, Sensor System, and Actuator, ICSSA 2014-001, Bandung, May 2014.
- [3] Hanalde Andre, "Perancangan dan Implementasi Antena PCB sebagai Sensor UHF untuk Pengukuran Partial Discharge (PD) pada Sistem Berisolasi Gas", Tesis, Institut Teknologi Bandung, 2013.
- [4] Hanalde Andre, Primas Emeraldi, Ariadi Hazmi, Eka Putra Walidi, Umar Khayam" Long Bowtie Antenna for Partial Discharge Sensor in Gas-Insulated Substation", International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems, ICHVEPS 2017, Bali, Indonesia, October 2-5, 2017.
- [5] I. Suprianto, U. Khayam, Suwarno, "UHF Sensor Optimization Used for Detecting Partial Discharge Emitted Electromagnetic Wave in Gas Insulated Switchgear", ISEIM, 2014.
- [6] Khusnul Khotimah, Umar Khayam, Suwarno, Yuki Tai, Masahiro Kozako, Masayuki Hikita, "Design of Dipole Antenna Model for Partial Discharge Detection in GIS", The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics 2015 August 10-11, 2015, Bali, Indonesia.
- [7] Muhammad Sukri Habibi Daulay, "Perancangan dan Implementasi Antena Bowtie Double Layer dengan Modifikasi Ujung Antena dan Irisan Tengah sebagai Sensor UHF untuk Pengukuran Partial Discharge", Tesis, Institut Teknologi Bandung, 2019
- [8] Roy B. V. B. Simorangkir, Achmad Munir. Numerical Design of Ultra-Wideband Printed Antenna for Surface Penetrating Radar Application. TELKOMNIKA, Vol.9, No.2, August 2011, pp. 341~350.
- [9] Umar Khayam, Farrah Vauzia, Suwarno, "Design, Fabrication, and Testing of Double Layer Printed Bow-Tie Antenna as Partial Discharge Sensor in Gas Insulated Switchgear", The 2nd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE 2014, Paper 10B1-1, Bali, December 9-11, 2014.
- [10] W.E.P.S. Ediriweera, K.S. Priyanayana, R.M.A.P. Rajakaruna, R.A.K.G. Ranasinghe, J. R. Lucas and R. Samarasinghe, "Microstrip Patch Antenna for Partial Discharge Detection as a Condition Monitoring Tool of Power System Assets", Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon), 2017.