

Pemodelan Simulasi Antena *Stretchable* Untuk Aplikasi RADAR

Muclas Habib Syahputra¹⁾, Yusnita Rahayu²⁾, Yuyu Wahyu³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, ²⁾Dosen Teknik Elektro, ³⁾ Kalitbang Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi BRIN

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru, Riau 28293

E-mail : muclas.habib2856@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Current technological advances and developments require the academic community to continue to innovate to build the country by improving science and technology. One area of concern for researchers is Electronics and Telecommunications. Part of the science that is currently quite in demand is the antenna. In this study discusses Stretchable Antenna Simulation Modeling for RADAR Applications, the antenna is designed using Polydimethylsiloxane (PDMS) material so that the antenna can be bent and adjusted to its placement. The antenna is made with an Ultra Wideband (UWB) frequency in the frequency range of 3.1 – 10.6 GHz with a minimum bandwidth of > 500 MHz and a return loss of < -10 dB with a VSWR of < 2, so that the antenna can detect according to radar capabilities because this frequency has wide bandwidth. When this antenna is simulated the antenna can work at a center frequency of 3.4 GHz with a bandwidth of > 500 MHz, then when the antenna is bent it does not experience a significant change in frequency, judging from the bandwidth obtained is the same but the return loss is getting lower to -43 dB but still at a frequency of 3.4 GHz.

Keywords: Antena, Polydimethylsiloxane (PDMS), AgNw, Stretchable, Bending, RADAR, Ultra Wideband (UWB).

I. PENDAHULUAN

Sistem *Ultra-Wideband* (UWB) yang bekerja dari 3,1 GHz hingga 10,6 GHz secara komersial telah diizinkan oleh *Federal Communication Commission* (FCC) (priyatna, 2014), memiliki pola radiasi yang baik, dan *bandwidth* > 500 MHz memungkinkan untuk banyak aplikasi yang dapat di gunakan. Sistem UWB telah banyak digunakan dalam aplikasi-aplikasi seperti militer, medis dan sipil. Semua aplikasi membutuhkan *bandwidth* dengan resolusi dan gain yang sangat baik, pada bidang antena mikro militer, aplikasi RADAR lebih populer di gunakan untuk antena UWB.

Radio Detection and Ranging (RADAR) berfungsi untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian, dan memetakan suatu objek. Karena kemampuannya, RADAR

dapat digunakan untuk melihat objek di laut dan udara dalam jarak yang luas meskipun cuaca buruk seperti hujan badai dan kabut. Teknologi RADAR merupakan salah satu aplikasi yang dapat membantu lembaga TNI untuk mengetahui bahaya yang ada di sekitarnya. Salah satu bagian RADAR yang berperan penting adalah antena. Antena ini dapat melakukan proses pengiriman dan penerimaan sinyal yang mendeteksi keberadaan suatu objek di sekitar RADAR dalam jarak tertentu. Bagi seorang tentara, radar untuk mengetahui sebuah ranjau darat merupakan suatu sistem yang dapat membantu mengetahui keberadaan ranjau darat dalam jangkauan radius tertentu, sehingga para tentara dapat menghindari terkenanya ranjau darat tersebut. RADAR gelombang milimeter

memiliki keunggulan informasi multi-dimensi, radio resolusi tinggi, dan akurasi pengukuran secara real-time. Oleh karena itu, ini memiliki nilai pasar yang cukup tinggi.

Sistem RADAR juga dapat mendeteksi ranjau darat, Ranjau darat adalah alat peledak yang di tempatkan di dalam atau di permukaan bumi dengan tujuan untuk menghancurkan kendaraan dan melukai atau membunuh manusia. Ranjau darat biasanya digunakan selama konflik militer. Namun, ranjau darat kemungkinan masih tetap di dalam tanah dan tidak terdeteksi selama beberapa dekade setelah penghentian konflik militer. Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) memperkirakan bahwa saat ini ada lebih dari 199 juta ranjau darat yang terkubur di 71 negara di seluruh dunia, dan jumlah ranjau darat yang di gunakan meningkat sekitar 2 juta setiap tahun. Ledakan ranjau darat yang tidak di sengaja bisa membunuh atau melukai 2000 orang atau lebih setiap bulan, terutama warga sipil, Permasalahan yang diangkat dalam pembuatan antena ranjau darat ini adalah untuk mendapatkan nilai *return loss*, dan pancaran antena yang kuat sehingga bisa membaca ranjau yang ada di bawah tanah.

Di era saat ini, tidak hanya RADAR dengan kemampuan frekuensi UWB, nilai *return loss*, dan pancaran antena yang kuat, tetapi perkembangan yang sedang di kembangkan dalam dunia riset adalah antena *Stretchable*, antena *Stretchable* adalah antena yang dapat di renggangkan, antena dapat mengikuti dari bentuk tempat diletakkannya antena tersebut, sehingga sangat cocok untuk di aplikasikan pada permukaan mana saja, seperti meletakkan antena ini pada sepatu PDL tentara, antena akan mengikuti srtuktur sepatu tentara, sehingga tidak memerlukan tambahan ruang lagi dan menghemat penyimpanan bawaan yang sangat mempengaruhi bagi seorang tentara, karena bawaan barang tentara

sangat terbatas untuk di bawa ke medan perang.

Penelitian ini dibuat untuk menganalisa pembengkokan antena dengan bahan yang elastis sehingga antena dapat diaplikasikan lebih maksimal, Parameter yang akan dianalisa yaitu pengaruh dari pembengkokan antena berupa *return loss*, VSWR dan *Bandwidth* pada simulasi antena yang telah dilakukan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Antena Mikrostrip

Antena patch *Mikrostrip* pertama diperkenalkan oleh G.A. Deschamps pada tahun 1950 dan perkembangan teknologi ini baru muncul pada tahun 1970 ketika Robert E Munson dan beberapa peneliti lainnya mengembangkannya sebagai *low loss substrate*. Antena ini banyak digunakan pada frekuensi gelombang mikro dan sering dikenal dengan nama antena patch *Mikrostrip* (Mehta, 2015).

Antena patch *Mikrostrip* merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah fabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukuran yang kecil dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena patch *microstrip* sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi. Akan tetapi antena patch *Mikrostrip* juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu *bandwidth* yang sempit, gain yang kecil, serta efisiensi yang rendah (Lee, 2012).

Antena patch *Mikrostrip* pada umumnya terdiri dari sepasang lapisan konduktor paralel yang dipisahkan suatu medium dielektrik atau dikenal dengan nama substrat. Lapisan konduktor atas atau patch *Mikrostrip* berfungsi sebagai sumber radiasi dimana energi elektromagnetik menelusuri tepian dari sisi patch ke dalam substrat.

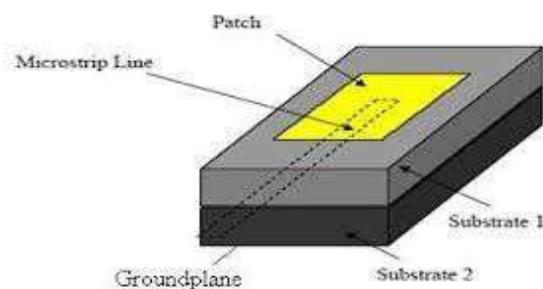
Lapisan konduktor bawah berfungsi sebagai bidang ground, mengembalikan energi kembali melalui substrat menuju udara bebas.

2.2 Parameter Antena Mikrostrip

Teknik pencatuan pada sebuah antena Mikrostrip adalah teknik yang digunakan untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena Mikrostrip. Teknik pencatuan yang digunakan pada antena Mikrostrip merupakan salah satu hal penting yang akan berpengaruh dalam sebuah perancangan antena Mikrostrip. Terdapat beberapa teknik pencatuan antena Mikrostrip, yaitu *Electromagnetically Coupled* (EMC), Microstrip Line, Coaxial Probe dan Coplanar Waveguide. Setiap teknik pencatuan memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing.

A *Electromagnetically Coupled* (EMC)

Electromagnetically Coupled (EMC) sering juga disebut teknik pencatuan tidak langsung. Seperti terlihat pada Gambar 1, teknik ini tidak kontak metallic antara patch dengan elemen lainnya, pencatuan dan patch dilakukan dengan cara kopling elektromagnetik dari elemen pencatunya.



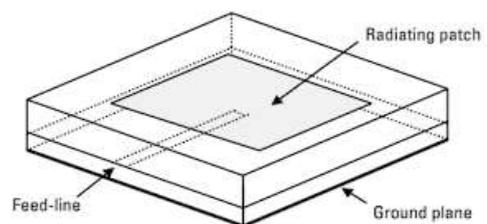
Gambar 1. Teknik Pencatuan *Electromagnetically Coupled* (EMC)

Kelebihan dari teknik pencatuan ini adalah *bandwidth* yang relative lebar, radiasi spurious yang rendah dan tidak diperlukannya rangkaian penyadapan dalam pengaplikasiannya. Namun fabrikasi dan pemodelan yang sulit menjadi kendalanya (Istiqomah, 2012).

B *Microstrip Line*

Teknik pencatuan microstrip line adalah teknik pencatuan yang paling sering dipakai karena memiliki kemudahan dalam fabrikasi, penyesuaian impedansi dan pemodelannya. Namun akan muncul radiasi spurious dari saluran dan membutuhkan rangkaian penyadapan dalam pengaplikasiannya (Istiqomah, 2012).

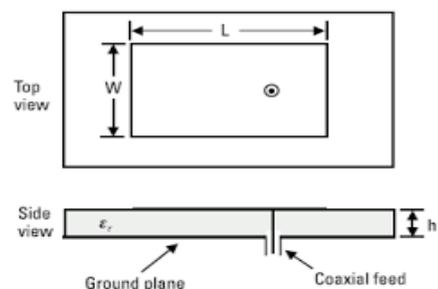
Gambar 2 menunjukkan, teknik ini dilakukan dengan cara menghubungkan saluran pencatuan dengan patch, dimana patch dan saluran pencatu menggunakan bahan yang sama.



Gambar 2. Teknik Pencatuan *Microstrip Line*

C *Coaxial Probe*

Teknik pencatuan *Coaxial Probe* dilakukan dengan melubangi patch untuk dihubungkan dengan elemen pencatu atau yang biasa disebut konektor seperti terlihat pada Gambar 3. Penentuan titik letak catu yang tepat menyebabkan antena ini tidak membutuhkan rangkaian penyadapan dalam pengaplikasiannya.



Gambar 3. Teknik Pencatuan *Coaxial Probe*

Kelebihan dari teknik pencatuan ini adalah fabrikasi yang mudah, radiasi spurious rendah, dan tidak perlunya penyadapan karena

dapat dilakukan dengan menentukan titik catu yang tepat pada patch. Namun kekurangannya adalah *bandwidth* yang relatif sempit, sulit menemukan letak titik catu yang tepat dan pemodelan yang sulit (Istiqomah, 2012).

2.3 Antena Mikrostrip Stretchable

Antena *patch Mikrostrip* fleksibel merupakan antena yang dapat melakukan deformasi seperti pembengkokan (*bending*) dan peregangan (*stretching*), sehingga antena ini dapat menyesuaikan dengan bentuk tiga dimensi yang kompleks seperti benda yang berbentuk kompleks bahkan manusia.

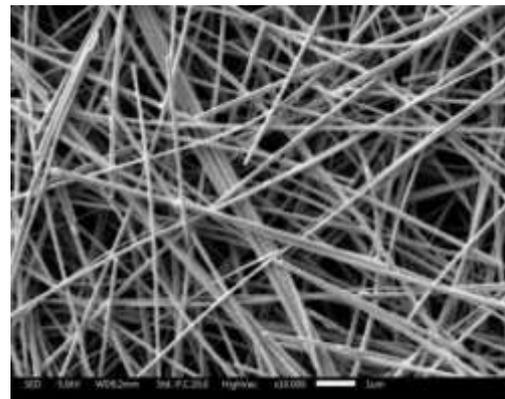
Material antena *patch Mikrostrip* fleksibel terdiri dari material konduktor untuk bagian *patch* dan bidang *ground* serta material dielektrik substrat.

A. Silver Nanowires (AgNW) sebagai konduktor Stretchable

Sebagai komponen yang paling penting pada antena *patch Mikrostrip Stretchable*, konduktor harus memenuhi persyaratan yaitu memiliki konduktivitas yang tinggi dan kemampuan untuk mempertahankan sifat konduktif terhadap perubahan bentuk seperti pembengkokan, pemutaran, dan peregangan (Xu & Zhu, 2012).

Pemanfaatan konduktor berstruktur nano merupakan metode yang menjanjikan untuk membuat perangkat elektronik yang bisa berubah bentuk dan memiliki fleksibilitas mekanik. Bahan konduktif yang umum dan banyak digunakan untuk bahan konduktif fleksibel adalah logam berstruktur nano seperti nanowire logam, lapisan logam bulk dan karbon berstruktur nano. Logam berstruktur nano merupakan kandidat bahan yang ideal dalam membuat konduktor fleksibel. Logam berstruktur nano ini memiliki konduktivitas yang tinggi dibandingkan dengan *bulk metal film* (Yu, 2017).

Seperti terlihat pada Gambar 4, logam berstruktur nano biasanya diatur ke dalam suatu jaringan yang terhubung satu dengan yang lainnya dan membentuk jalur konduktif. Logam berstruktur nano yang mulai banyak diaplikasikan dalam antena fleksibel adalah silver *nanowires* (AgNW), *copper nanowires* (CuNWs), dan *gold nanowires* (AuNWs). AgNW merupakan pilihan yang paling populer karena memiliki konduktivitas yang tinggi dan metode sintesis yang telah mapan, sedangkan AuNWs kurang banyak digunakan karena harga yang mahal, sedangkan CuNWs mudah terkorosi (Yu, 2017).



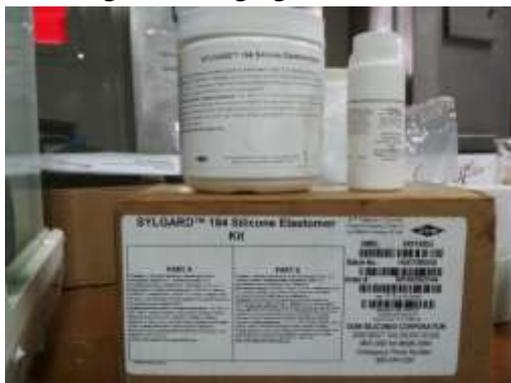
Gambar 4. SEM Jaringan AgNW Pada Substrat Kaca (Yu, 2017)

Silver Nanowires (AgNW) merupakan nanostruktur silver satu dimensi yang berbentuk seperti batang atau kawat dengan ukuran diameter yang berada diantara 10-100 nm dan panjangnya sekitar 5-100 μm (Zhang, 2017). AgNW sangat menarik untuk disintesis dan dipelajari karena material makro silver menunjukkan konduktivitas listrik (6.3×10^7 S/m) maupun termal ($429 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) tertinggi diantara semua jenis logam. Silver juga telah banyak digunakan dalam aplikasi komersial dan kinerja silver dapat ditingkatkan dengan mengolah material makro silver tersebut menjadi material berstruktur nano satu dimensi dan memiliki aspect ratio yang tinggi (Sun, 2002).

B. *Polydimethylsiloxane* (PDMS) Sebagai Substrat *Stretchable*

Polydimethylsiloxane (PDMS) adalah senyawa moluker tinggi yang biasa disebut sebagai silikon. Secara optik transparan, dan secara umum dianggap inert, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. PDMS merupakan salah satu komponen dalam merancang antena *Mikrostrip* khusus untuk struktur yang *Stretchable* (Razaq, 2018). Antena pada substrat plastik menawarkan *Stretchable* dan sensitivitas yang tinggi, namun terbatas untuk aplikasi *unfoldable* (Kim, 2015). Sedangkan antena pada substrat kertas mudah dilipat tetapi kurang sensitivitas karena memiliki permukaan kasar (Razaq, 2018).

PDMS yang digunakan adalah Sylgard-184 seperti yang terlihat pada Gambar 5, dimana bahan tersebut berbentuk cair. Untuk proses pengerasannya menggunakan bahan tambahan yaitu curing agent, dimana perbandingan banyaknya PDMS dengan curing agent adalah 10:1



Gambar 5. Sylgard-184 PDMS & Curing Agent

2.4 Aplikasi antena *Mikrostrip*

Dalam teknologi modern, antena *patch Mikrostrip* dapat menggantikan sebagian besar jenis antena lain untuk aplikasi berdaya rendah. Antena *patch* banyak digunakan dalam sistem pertahanan seperti rudal, pesawat terbang, satelit, dan roket. Pengembangan antena *patch* terus dilakukan pada sektor komersial, karena

murah dan mudah dalam pembuatan. Beberapa aplikasi utama adalah untuk komunikasi seluler, GPS, radar, dan peralatan medis.

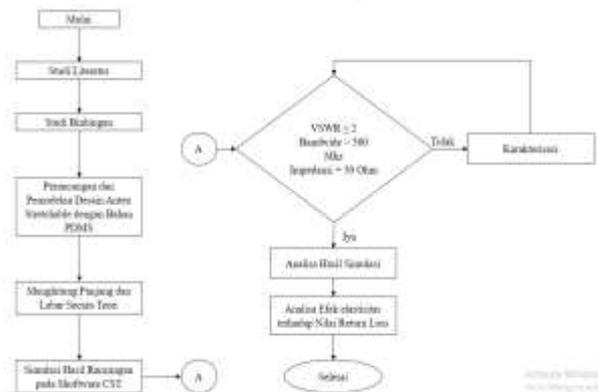
III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menganalisa hasil simulasi antena *Stretchable* yang bekerja pada frekuensi Ultrawideband(UWB) dengan rentan frekuensi antara 3,1 – 10,6 GHz dengan *bandwidth* > 500 MHz, frekuensi UWB dipilih karena antena ini akan bekerja pada sistem RADAR, sedangkan bahan yang diambil menggunakan bahan polydymetysiloxane (PDMS), pemilihan bahan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil antena yang dapat dibengkokkan, karena menurut perkembangan teknologi saat ini, antena yang dapat beroperasi dalam keadaan ruang tempat apapun akan lebih efisien tanpa mengubah performasi dalam pembengkokannya, antena ini akan di rancang menggunakan patch AgNw yang dipadukan dengan bahan substrate PDMS sehingga dapat menghasilkan antena *Stretchable* dengan melihat sifat dari bahan tersebut.

Analisa pembengkokan antena ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu Dengan membaca teori-teori yang berkaitan dengan topik skripsi yang terdiri dari jurnal, artikel-artikel, layanan internet, dan lain-lain. kemudian Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing tentang topik skripsi ini, Untuk melakukan perancangan antena digunakan software CST Microwave Studio yang bisa mendesain antena dalam pemodelan tiga dimensi dan bisa menghitung parameter antena. Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu menentukan karakteristik antena yang diinginkan. Selanjutnya, menentukan jenis substrat dan juga dimensi patch, Karakteristik dari antena yang akan ditentukan adalah S11, *bandwidth*, nilai frekuensi kerja, VSWR dan jarak pancaran antena. Sedangkan untuk perhitungan dimensi

antena meliputi dimensi patch dan saluran pencatu. Tujuan dari penelitian ini yaitu analisa pembengkokan antenna untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan parameter antenna yang diinginkan yaitu bekerja pada frekuensi UWB sehingga dapat diaplikasikan pada sistem RADAR.

Dapat dilihat pada Gambar 6 merupakan *Flowchart* alur penelitian ini.



Gambar 6. *Flowchart* Alur Penelitian

Gambar 6 menunjukkan diagram alur dari perancangan dan simulasi antenna stretchable. Perancangan simulasi dimulai dengan mencari studi literatur yang kemudian dilanjutkan dengan perancangan pemodelan desain antenna *Stretchable* yang didasari dengan perhitungan secara teori, setelah mendapatkan parameter, antenna di desain menggunakan *software* CST Studio Suite. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka simulasi dilakukan dalam beberapa tahapan karakterisasi, yaitu karakterisasi karakterisasi *patch*, dan karakterisasi *Ground*.

Metode perhitungan yang digunakan dalam pemodelan ini dengan metode perhitungan *Patch* segiempat. *Patch* segiempat merupakan konfigurasi antenna yang paling banyak digunakan, karena bentuknya yang sederhana yaitu dengan menyisakan metal segiempat pada proses pencetakan antenna (Indani, 2013).

Untuk menentukan lebar dari konduktor yang akan dimodelkan dapat

menggunakan rumus (1) berikut (Indani, 2013):

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

Dimana :

W : lebar konduktor

Er : konstanta dielektrik

c : kecepatan cahaya di ruang bebas

fo : frekuensi kerja antenna

Sedangkan untuk menentukan panjang *Patch* (L) dapat dilihat pada rumus (2) berikut (Indani, 2013):

$$L = \frac{c}{2Fr \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 0,824h \left(\frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,0264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \right) \quad (2)$$

Pada rumus di atas h merupakan tinggi *substrate* atau tebal *substrate*, dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik relatif, untuk rumus konstanta dielektrik relatif dapat dilihat pada rumus (3) berikut (Indani, 2013):

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12 \frac{1}{3.1}}} \right] \quad (3)$$

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan simulasi pada perancangan antenna *Mikrostrip*, dimensi *patch* antenna dihitung terlebih dahulu berdasarkan perhitungan teori.

4.1 Perhitungan Antena *Stretchable*

Antena menggunakan pencatutan *Coaxial Probe* (CP) dengan jarak feed point antara *patch* dan *ground* = 0,3 mm, kemudian untuk panjang dan lebar *patch* akan di hitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Frekuensi (Fr)} = 3,4 * 10^9 \text{ Hz}$$

$$\text{Dielectric Constant (Er)} = 3$$

$$\text{Ketebalan (h)} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Kecepatan Cahaya (c)} = 3 * 10^8 \text{ m/s}$$

1. Perhitungan Lebar Patch (W)

$$W = \frac{c}{2Fr \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

$$W = \frac{3 * 10^8}{2 * 3,4 * 10^9 \sqrt{\frac{3+1}{2}}}$$

$$W = 3,1 \text{ mm}$$

2. Perhitungan nilai efektif dielektrik konstan (ϵ_{reff})

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

$$\epsilon_{reff} = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{1}{3,1}}} \right]$$

$$\epsilon_{reff} = 2,453 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Panjang Patch (L)

$$L = \frac{c}{2Fr \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 0,824h \left(\frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,0264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \right)$$

$$L = \frac{3 * 10^8}{2 * 3,4 * 10^9 \sqrt{2,453}} - 0,824 * 1 \left(\frac{(2,453 + 0,3) \left(\frac{3,1}{1} + 0,0264 \right)}{(2,453 - 0,258) \left(\frac{3,1}{1} + 0,8 \right)} \right)$$

$$L = 8,63 \text{ mm}$$

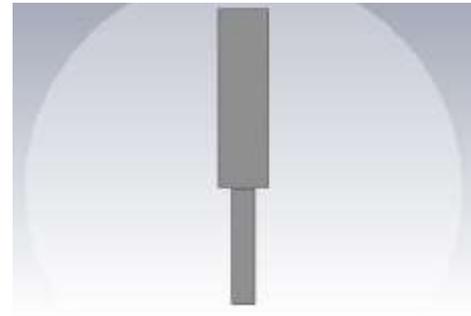
Berdasarkan perhitungan antenna yang diperoleh, maka antenna acuan untuk disimulasikan dengan dimensi antenna pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Awal Antena Berdasarkan Perhitungan Teori

Dimensi	Ukuran (mm)
Lebar Patch (W)	3.10
Panjang Patch (L)	8.63
Ketebalan Substrat (h)	1.00
feed point	0.30

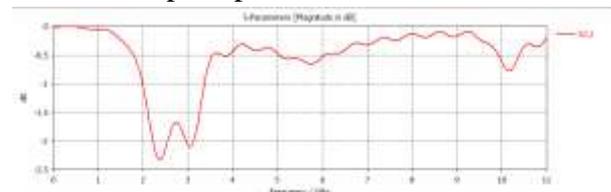
4.2 Hasil Simulasi Rancangan Awal Stretchable Antena

Hasil Simulasi rancangan awal antenna merupakan hasil simulasi dari desain manual antenna dimana ukuran-ukuran dimensi antenna berdasarkan perhitungan teori tanpa melakukan pengkarakterisasian pada antenna tersebut. Hasil Dimensi simulasi rancangan awal antenna dapat dilihat seperti Gambar 7.



Gambar 7. Dimensi Awal Antena Stretchable

Pada Gambar 7 diatas merupakan rancangan awal antenna *Stretchable* sesuai dengan perhitungan dimensi secara teori tanpa dilakukannya karakterisasi, dengan menggunakan bahan *patch AgNW* di yang di letakkan di atas *ground*. *Patch* pada antenna ini berada di atas, sedangkan *ground* terlatak di bawah *patch*, sehingga antenna ini di simulasikan menggunakan pencatuan *Coaxial Probe* (CP). Dari simulasi di atas mendapatkan hasil *S11* seperti pada Gambar 8.



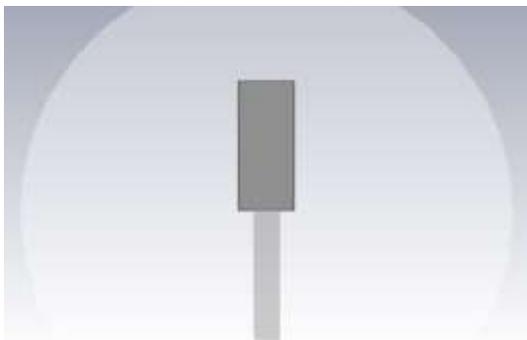
Gambar 8. Hasil *Return loss* Antena Tanpa Dilakukan Karakterisasi

Pada Gambar 8, Dapat kita analisa bahwa frekuensi yang kita inginkan bergeser ke kiri dan *return loss* tidak sampai ke angka $> -10 \text{ dB}$, untuk itu akan dikarakterisasi dengan tiga tahapan, yang pertama kita akan memperkecil antenna sehingga frekuensi akan

semakin tinggi, karena semakin kecil antena, maka frekuensi akan semakin tinggi, yang kedua kita akan membuat potongan membentuk kerucut di atas antena untuk membuat *bandwidth* semakin lebar, dan yang ketiga kita akan modifikasi pada bagian pencatu dan ground agar lebih mudah untuk melakukan pemasangan pencatu yang kita inginkan.

4.3 Karakterisasi Melakukan Pemotongan Antena

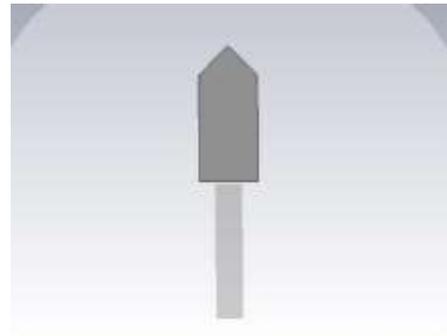
Karakterisasi yang pertama, akan dilakukan dengan cara memotong antena bagian atas sehingga antena akan menjadi lebih kecil sehingga frekuensi akan semakin menuju ke yang kita harapkan, bisa dilihat karakterisasi yang dilakukan pada Gambar 9.



Gambar 9. Karakterisasi Dengan Memperkecil Antena

4.4 Karakterisasi Pembuatan Kerucut Antena

Setelah kita mendapatkan hasil pada simulasi tahap pertama, kita akan melanjutkan pada tahap kedua, yaitu dengan membuat kerucut pada atas antena untuk memperlebar *bandwidth* agar mendapatkan *bandwidth* yang kita inginkan, gambar 10 menunjukkan karakterisasi kerucut pada antena.

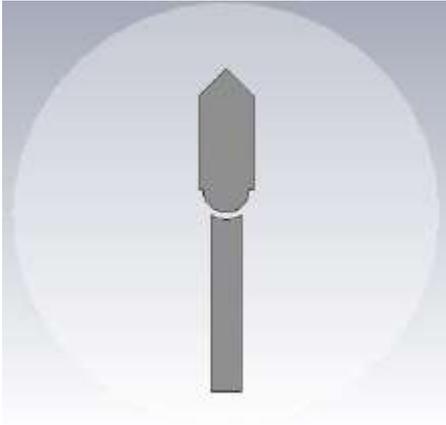


Gambar 10. Karakterisasi Pembuatan Kerucut Antena

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa pengaruh karakterisasi dengan menambahkan kerucut pada antena, pengaruh dari penambahan ini membuat *bandwidth* semakin melebar, dan kita mendapatkan dimensi dengan *bandwidth* yang kita inginkan.

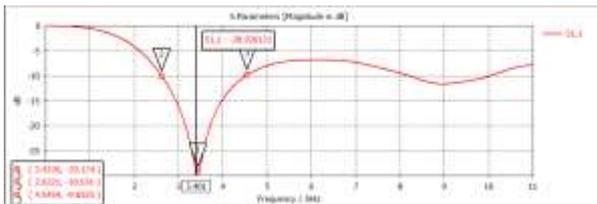
4.5 Karakterisasi Bagian Pencatu

Pada tahap ketiga, karakterisasi dilakukan pada bagian pencatu, yaitu di antara *patch* dan ground, sehingga kita akan merancang sebagaimana mungkin agar mendapatkan feed line dengan jarak 0,3 mm, dan mempermudah kita dalam mencetak antena untuk pengujian nantinya, karakterisasi dilakukan dengan menambahkan setengah lingkaran pada *patch*, dan diikuti sebaliknya untuk bagian ground, kemudian jarak antara *patch* dan ground di atur dengan jarak 0.3 mm, sehingga kita dapat memasang port SMA di antara *patch* dan ground nya, bagian inner di masukkan ke dalam *patch* kemudian di pasang pasta tembaga, sedangkan bagian ground SMA di tancapkan ke bagian ground antena dengan jarak dan dimensi yang sudah kita rancang, dapat di lihat pada gambar, hasil dimensi antena setelah dilakukan karakterisasi pada bagian pencatu, serta hasil akhir karakterisasi yang akan di fabrikasi nantinya.



Gambar 11. Desain Akhir Antena

Pada Gambar 11 merupakan desain akhir yang dihasilkan setelah melakukan karakterisasi pada simulasi perancangan antena *Stretchable*, bentuk akhirnya menyerupai kerucut antena dengan bagian pencatu yang telah di karakterisasi. Dapat dilihat pada gambar, Nilai yang dihasilkan sudah memenuhi standar yang diharapkan dalam perancangan antenna pada *return loss* > -10 dB, dengan frekuensi 2,6 GHz – 4,45 GHz, mendapatkan *bandwidth* > 500 MHz.



Gambar 12. Simulasi Pengukuran *return loss*

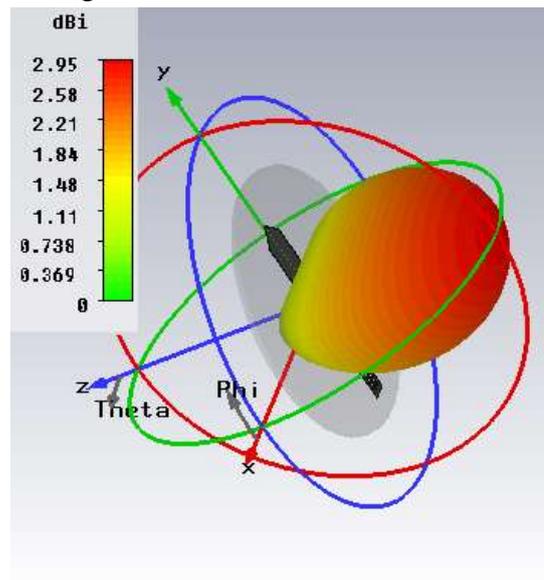
Pada Gambar 12 dapat diperhatikan nilai parameter *return loss* yang dihasilkan setelah melakukan karakterisasi simulasi pada perancangan antena, nilai yang diperoleh sudah menunjukkan nilai yang baik namun masih belum sesuai dengan Frekuensi Center antena yaitu pada 3,4 GHz.

Untuk dimensi akhir antena dapat kita lihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Dimensi Setelah Karakterisasi Akhir Antena *Stretchable*

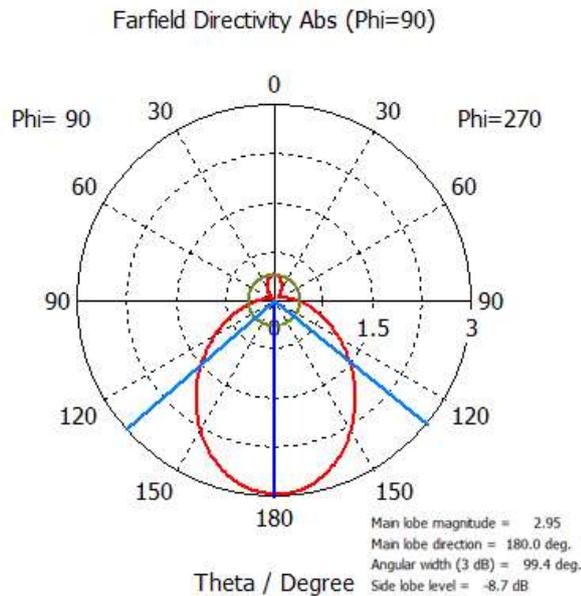
No	Parameter		
	Parameter	Value	Unit
1	W	6.4	mm
2	L	11	mm
3	K	4.5	Mm
4	R	2.75	Mm
5	L11	21	Mm
6	L21	16	Mm
7	W	3.65	Mm
8	r_PDMS	25	Mm
9	H_Substrate	1	Mm
10	H_Patch	0.1	Mm

Gambar 13 Menunjukkan Gain dan Pola Radiasi Antena. Gain terbaik yang diperoleh adalah 2.42 dBi, sedangkan Pola Radiasi antena adalah bidireksional dengan arah radiasi terbesar berada pada bagian belakang antena.



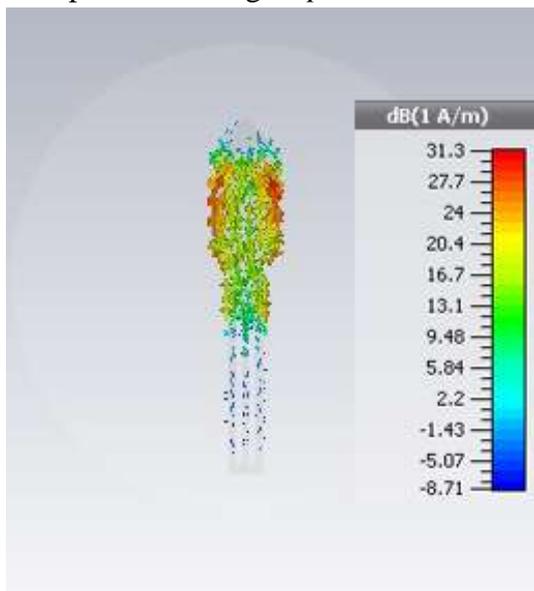
Gambar 13. Gain antena

Gambar 14 memperlihatkan arus yang mengalir pada antenna, dimana sebagian besar mengalir di area saluran pencatu.



Gambar 14. Pola Radiasi Antena

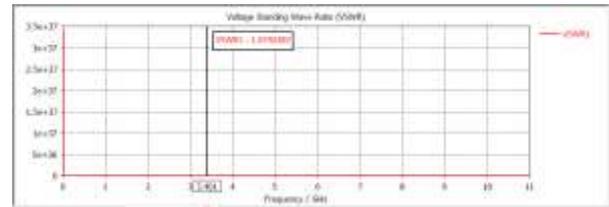
Perancangan karakterisasi pada bagian pencatu antenna membantu arus untuk mengalir ke hampir seluruh bagian *patch* antenna.



Gambar 15. Distribusi Arus pada Antena

Gambar 15 menunjukkan nilai arus maksimal yang mengalir sebesar 32,9 A/m yang berada pada area saluran pencatu, sementara nilai arus pada rentang 22 - 28 A/m berada disebagian *ground*. Dengan demikian perancangan karakterisasi pada antenna

membantu arus untuk dapat terdistribusi dengan baik, sehingga berpengaruh terhadap pergeseran frekuensi maupun *bandwidth* pada antenna.



Gambar 16. Simulasi Pengukuran VSWR

Gambar 16 menunjukkan simulasi pengukuran VSWR yang dimana nilai VSWR yang berada pada frekuensi 3.4 Ghz berada pada nilai < 2.

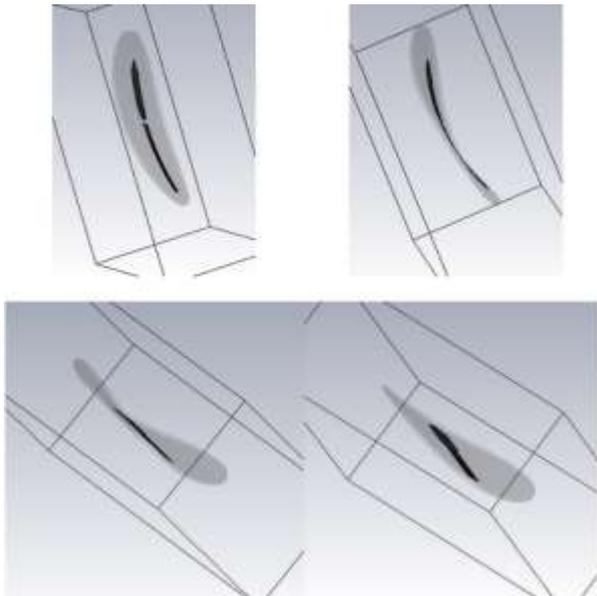
Dengan demikian, seluruh hasil data simulasi baik itu dimensi antenna, frekuensi, *bandwidth*, VSWR, pencatutan, dan pola radiasi telah sesuai dengan yang kita harapkan, kemudian akan dianalisa hasil pembengkokan antenna.

4.6 Pengaruh Pembengkokan Antena

Pengaruh dari pembengkokan antenna akan dianalisa pada penelitian ini, Pengujian yang akan dilakukan adalah pembengkokan 10% ke arah atas, 15% ke arah atas, 10% ke arah bawah dan 15% ke arah bawah, seperti diilustrasikan pada Gambar 17. pengaruh pembengkokan ini penting untuk dianalisa karena antenna ini digunakan dalam aplikasi radar militer. Dengan kemampuan pembengkokan ini, antenna ini bisa diaplikasikan ke mana saja, seperti topi, jam tangan, bahkan bisa dipasang menyesuaikan bentuk tubuh, akan lebih mudah diaplikasikan antenna akan tersembunyi dan mudah disamarkan. Untuk memudahkan aplikasi di bidang militer.

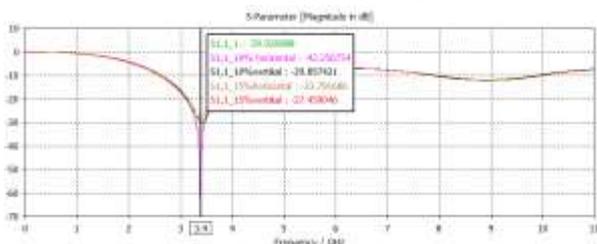
Gambar 17 menunjukkan pemodelan antenna dalam simulasi, pemodelan dilakukan dengan 4 model, yang pertama antenna di rancang dengan pembengkokan 10% ke arah atas, yang kedua dengan dibengkokkan sebesar 15% ke arah atas, pemodelan yang ketiga

dengan dibengkokkan 10% ke arah bawah dan pemodelan terakhir dengan dibengkokkan 15% ke arah bawah.



Gambar 17. Pemodelan antenna yang dibengkokkan 10% ke arah atas, 15% ke arah atas, 10% ke arah bawah dan 15% ke arah bawah

Antena diregangkan secara horizontal atau vertikal, parameter S11 tampaknya bervariasi dengan frekuensi yang diinginkan tetapi masih memiliki *return loss* < -10 dB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18. Namun, frekuensi tetap konstan pada 3,4 GHz.



Gambar 18. Parameter S11 yang disimulasikan dengan efek *Stretchable*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Simulasi antenna dilakukan dalam beberapa tahap yaitu perhitungan sesuai teori, karakterisasi bagian *patch*, karakterisasi bagian *ground* dan

karakterisasi bagian pencaru, sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan

2. Parameter antenna yang diambil dan dianalisa meliputi *return loss*, VSWR, arus yang mengalir dan pola radiasi.
3. Hasil simulasi dari *return loss* terbaik diperoleh -29dB, pada frekuensi 3.4 Ghz dengan *bandwidth* > 500 MHz.
4. Hasil analisa dari pembengkokkan antenna adalah tidak terdapatnya perubahan parameter secara signifikan, bahkan setelah pembengkokkan *bandwidth* yang dihasilkan akan semakin bagus, ini berarti antenna dapat di rancang dan digunakan dalam perancangan sesungguhnya.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan simulasi dengan hasil *bandwidth* yang lebih maksimal, dikarenakan penelitian ini hanya berfokus pada pengaruh dari pembengkokkan antenna.

VI. DAFTAR PUSTAKA

P. Zhang, I. Wyman, J. Hu, S. Lin, Z. Zhong, and Y. Tu, "Silver nanowires : Synthesis technologies, growth mechanism and multifunctional applications," Mater. Sci. Eng. B, vol. 223, pp. 1 –23, 2017.

Mehta and U. Sydney, "Microstrip Antena," no. March, 2015.

Lee and K. Tong, "Microstrip Patch Antenas V Basic Characteristics and Some Recent Advances," vol. 100, no. 7, pp. 2169–2180, 2012.

Indani, W., & Rambe, A. H. (2013). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat dengan Teknik Planar Array Untuk Aplikasi Wireless-LAN. J. Univ. Sumatra Utara, 47-52.

Istiqomah NA. (2012). Desain Dan Implementasi Patch Antenna Dengan

Pencatuan L-Shaped Probe Untuk Aplikasi Wlan. Bandung (ID) : Politeknik Bandung

- Kim, D. H., Yu, K. C., Kim, Y., & Kim, J. W. (2015). Highly *Stretchable* and mechanically stable transparent electrode based on composite of silver nanowires and polyurethane–urea. *ACS applied materials & interfaces*, 7(28), 15214-15222.
- Razaq, A., Khan, A. A., Shakir, U., & Arshad, A. (2018). Next generation flexible antennas for radio frequency applications. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, 19(5), 311-318.
- Xu, F., & Zhu, Y. (2012). Highly conductive and *Stretchable* silver nanowire conductors. *Advanced Materials*, 24(37), 5117–5122.
- Y. Sun, Y. Yin, B. T. Mayers, T. Herricks, and Y. Xia, “Uniform Silver Nanowires Synthesis by Reducing AgNO₃ with Ethylene Glycol in the Presence of Seeds and Poly (Vinyl Pyrrolidone),” no. 6, pp. 4736–4745, 2002.
- Yu, X., Mahajan, B. K., Shou, W., & Pan, H. (2017). Materials, mechanics, and patterning techniques for elastomer-based *Stretchable* conductors. *Micromachines*, 8(1), 22–31.