

Antena Monopole Elips Ultra Wideband (UWB) Sebagai Sensor Tingkat Bending

1st Utami Ananda Ridwan

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

utamianandaa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Antena dari tahun ke tahun mengalami perkembangan yang cukup pesat dengan mengedepankan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan kemajuan perangkat komunikasi. Ketika antena diletakkan di suatu material antena akan mengalami *bending*. Dengan adanya penekukan pada antena yang diletakkan pada permukaan struktur maka muncul sifat *conformal* dan tentunya perubahan ini akan mengakibatkan adanya pengaruh penekukan pada karakteristik antena seperti *return loss*, *bandwidth*, dan *VSWR*. Penelitian ini dilakukan dengan proses analisis menggunakan *software* dan direalisasikan menggunakan antena mikrostrip *printed monopole ultra wideband* dengan patch elips, substrat berbahantextile cordura dengan permitivitas relative (ϵ_r) = 1.6, ketebalan dielektrik 0.5 mm sedangkan *patch*, *feedline*, dan *groundplane* menggunakan bahan *copper tape* dengan ketebalan dielektrik 0.1 mm, dan triplek sebagai objek observasi *bending* antena. Dari hasil simulasi dan pengukuran lapangan telah didapatkan dan diamati bahwa perubahan-perubahan yang terjadi ketika antena mengalami penekukan adalah adanya perubahan pada karakteristik antena seperti nilai *return loss*, *bandwidth*, dan *VSWR*. Hasil pengukuran semakin kecil radiustekukan yang terjadi pada antena maka nilai *return loss* akan semakin kecil, *fractional bandwidth* dan *VSWR* akan semakin besar. Sedangkan semakin besar radius tekukan yang terjadi pada antena maka nilai *return loss* akan semakin besar, *fractional bandwidth* dan *VSWR* akan semakin kecil.

Kata kunci— Antena Mikrostrip, *Ultra Wideband*, *Bending*, Antena *Monopole*

Abstract—Antenna from year to year has developed quite rapidly by promoting a smaller size in accordance with the progress of communication devices. When the antenna is placed on a material the antenna will bend. With the bending of the antenna placed on the surface of the structure, conformal properties appear and of course this change will result in the effect of bending on the antenna characteristics such as *return loss*, *bandwidth*, and *VSWR*. This research was carried out with an analytical process using software and realized using a microstrip printed monopole ultra wideband antenna with an elliptical patch, a substrate made of textile cordura with a relative permittivity (ϵ_r) = 1.6, a dielectric thickness of 0.5 while the patch, feedline, and groundplane used copper tape material with 0.1 mm dielectric thickness, and plywood as antenna bending observation object. From the simulation results and field measurements, it has been observed that the changes that occur when the antenna undergoes bending are changes in antenna characteristics such as *return loss*, *bandwidth*, and *VSWR* values. The measurement results are the smaller the bending radius that occurs in the antenna, the smaller the *return loss* value, the greater the fractional bandwidth and *VSWR*. Meanwhile, the larger the bending radius that occurs in the antenna, the

greater the *return loss* value, the smaller the fractional bandwidth and *VSWR*.

Keywords: *Microstrip Antenna*, *Ultra Wideband*, *Bending*, *Monopole Antenna*

I. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi di suatu wilayah. Keberadaan infrastruktur yang memadai sangat diperlukan seperti infrastruktur jalan dan jembatan. Umumnya penyebab kerusakan jembatan diakibatkan oleh suatu beban yang berlebihan seperti kendaraan besar yang memuat beban berlebih, saluran air yang tidak baik sehingga menimbulkan genangan air, serta kurangnya perawatan beberapa elemen dari jembatan tersebut. Teknologi yang menjadi solusi pemantauan kerusakan pada infrastruktur yaitu teknologi pemantauan kesehatan *structural* atau biasa disebut dengan *Structural Health Monitoring* (SHM). SHM berbasis nirkabel yaitu *Wireless Sensor Network* (WSN) atau jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor yang diletakkan di beberapa tempat yang berbeda untuk memantau kondisi suatu lingkungan.

Antena dari tahun ke tahun mengalami perkembangan yang cukup pesat dengan mengedepankan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan kemajuan perangkat komunikasi. Antena merupakan perangkat komunikasi yang dapat mengubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik untuk diradiasikan ke udara bebas dan begitu juga sebaliknya [1]. Ketika antena diletakkan di suatu material akan mengalami *bending*. *Bending* merupakan penekukan atau pembengkokkan pada suatu alat atau material. Dengan adanya penekukan pada antena akan mengakibatkan adanya pengaruh penekukan pada karakteristik antena seperti *return loss*, *bandwidth*, dan *VSWR*.

Teknologi *Ultra Wideband* (UWB) merupakan teknologi komunikasi jarak dekat dengan kecepatan pengiriman data yang tinggi. Dalam jaringan sensor UWB dapat digunakan sebagai penghubung komunikasi, dapat digunakan juga sebagai sensor otomotif, dan sensor keamanan [2]. Untuk mendesain antena UWB digunakan pemilihan bahan yang tepat dalam kualitas maupun efisien ruang. Pada umumnya desain antena UWB menggunakan antena mikrostrip karena antenanya yang *low profile*, *compact*, *low weight*, dan berdimensi kecil. Antena *monopole* merupakan kandidat terbaik untuk digunakan

dalam teknologi UWB karena memiliki bandwidth impedansi yang lebar dan pola radiasi omnidireksional [3].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shela Winalisa [4], dengan judul ‘Pengaruh Penekukan Antena Mikrostrip 2.4 GHz Sebagai Perangkat Wearable Terhadap Karakteristiknya’, dengan merealisasikan menggunakan substrat photo paper. Pada penelitian [5], [6] dibuktikan bahwa penekukan pada antena akan mempengaruhi frekuensi kerja dari antena tersebut. Pada tugas akhir ini melakukan perancangan dan analisis antena *printed monopole ultra wideband* (UWB) sebagai sensor tingkat bending. Antena yang akan dirancang dengan *patch* berbentuk elips dengan bahan substrat tekstil dengan jenis kain *cordura*. Perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan *software* serta melakukan analisis pengaruh penekukan terhadap karakteristik antena dan pengukuran numerik. Kemudian setelah dilakukan pengukuran numerik dan simulasi spesifikasi antena telah sesuai, maka antena akan direalisasikan.

II. KAJIAN TEORI

A. Ultra Wideband (UWB)

Ultra wideband (UWB) merupakan teknologi komunikasi yang dikembangkan untuk menyalurkan data dengan cepat di jarak yang sangat pendek dengan penggunaan daya yang sangat rendah. Ada beberapa lembaga yang telah mengatur frekuensi UWB salah satunya *Federal Communications Commission* (FCC) yaitu dengan frekuensi 3.1 GHz – 10.6 GHz. Teknologi UWB dapat digunakan untuk *wireless personal network* (WPAN), *ground penetrating radar* (GPR), keperluan komunikasi militer, *wireless body area network* (WBAN), dan aplikasi medis. Pada sistem radar teknologi UWB digunakan sebagai sensor otomotif, airbad pintar, inisiatif jalan raya cerdas, dan sensor keamanan [2].

B. Jembatan

Jembatan merupakan contoh dari infrastruktur sipil yang memiliki kompleksitas yang tinggi sehingga diperlukan suatu mekanisme yang memungkinkan dapat memudahkan dalam menjaga keberadaan jembatan tersebut agar senantiasa dapat berfungsi dengan baik. *Structural Health Monitoring* (SHM) berbasis nirkabel merupakan *Wireless Sensor Network* (WSN) atau jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor yang diletakkan di beberapa tempat yang berbeda untuk memantau kondisi suatu lingkungan.

C. Bending

Bending atau penekukan pada suatu logam atau bahan yang terdapat proses deformasi secara plastic dari bahan dimana hanya sedikit atau hampir tidak terjadi perubahan pada luas permukaan bahan [6]. Perubahan karakteristik antena seperti *return loss*, *bandwidth*, dan *VSWR* dapat berubah-ubah tergantung pada radius silinder yang digunakan.

D. Antena

Antena merupakan perangkat komunikasi yang dapat mengubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik untuk diradiasikan ke udara bebas dan sebaliknya antena juga

dapat menangkap gelombang elektromagnetik dari udara bebas untuk kemudian diubah menjadi besaran listrik kembali melalui saluran transmisi [1].

1. Antena *printed monopole*

Antena *printed monopole* merupakan modifikasi dari antena mikrostrip yang strukturnya menyerupai antena *monopole* namun perbedaannya terletak pada dimensi *groundplane*-nya. Modifikasi ini merupakan salah satu cara meningkatkan *bandwidth* dan memiliki pola radiasi *omnidirectional*

2. Patch

Patch merupakan elemen peradiasi yang terbuat dari bahan logam dengan bentuk yang bervariasi, seperti persegi panjang, lingkaran, segitiga, elips, dan sebagainya. Perhitungan dimensi antena didapatkan dari penurunan persamaan untuk konfigurasi *elliptical monopole* dengan *cylindrical monopole*, sehingga didapatkan persamaan (1) sebagai berikut [3].

$$L = 2a, \quad r = \frac{b}{4} \quad (1)$$

dimana L adalah panjang *patch* antena (mm); r adalah radius *patch* antena (mm); a adalah panjang sumbu mayor (8.2 mm); dan b adalah panjang sumbu minor (20 mm). Untuk mendapatkan nilai radius a dan b pada konfigurasi *patch* elips digunakan persamaan (2) berikut [3].

$$f_L = \frac{7,2}{(L + R + P)} \quad (2)$$

dengan p adalah panjang saluran pencatu (1.5mm).

3. Substrat

Substrat berfungsi sebagai penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan ke bagian bawah *patch*. Substrat umumnya terbuat dari bahan dielektrik yang tebal dan mempunyai nilai konstan dielektrik yang rendah.

4. Groundplane

Groundplane terbuat dari bahan konduktor dan memiliki ketebalan yang sama dengan *patch*. *Groundplane* dapat berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan hasil radiasi ke depan.

E. Parameter Antena

5. Return Loss

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang dan tidak kembali sebagai pantulan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya ketidaksesuaian impedansi antara saluran transmisi dengan impedansi antena.

6. Bandwidth

Penggunaan sebuah antena dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh

daerah frekuensi yang disebut dengan *bandwidth* antenna. *Bandwidth* merupakan daerah frekuensi dimana antenna bisa bekerja dengan optimal dan telah memenuhi standar yang telah ditentukan, diantaranya yaitu nilai VSWR ≤ 2 dan nilai *return loss* dibawah ≤ -10 dB. Komisi Komunikasi Federal di AS (FCC) telah mendefinisikan perangkat UWB sebagai perangkat apa pun dengan *fractional bandwidth* -10 dB, lebih besar dari 50% [7]. *Bandwidth* antenna dapat dinyatakan dalam rasio maupun persen. *Bandwidth* yang dinyatakan dalam persen biasa disebut dengan *fraksional bandwidth*. *Fraksional bandwidth* merupakan selisih batas atas dan batas bawah frekuensi dibanding dengan frekuensi tengah antenna. Berdasarkan definisi tersebut, *fraksional bandwidth* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$BW = \frac{f_H - f_L}{f_c} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan

f_H = jangkauan frekuensi atas (GHz)

f_L = jangkauan frekuensi bawah (GHz)

f_c = frekuensi tengah (GHz)

7. *Voltage Standing Wave Radio* (VSWR)

Voltage Standing Wave Radio atau VSWR adalah ratio perbandingan antara amplitudo tegangan maksimum dengan amplitudo tegangan minimum pada gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan oleh tidak *matching*-nya impedansi input antenna dengan impedansi saluran atau *feeder*. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah ≤ 2 . Persamaan dari VSWR adalah sebagai berikut:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (4)$$

F. Teknik Pencatuan *Microstrip Line*

Ada beberapa macam Teknik pencatuan yang paling umum digunakan yaitu *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*. Teknik *microstrip line* merupakan Teknik pencatuan yang memiliki model yang sederhana dan cukup mudah untuk difabrikasi karena menyatu dengan *patch* dengan ukuran lebar yang lebih kecil dibandingkan dengan

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] \quad (6)$$

patch. Untuk menentukan lebar *feedline* dihitung dengan:

dengan W_f adalah lebar saluran pencatu (mm); Z_0 adalah impedansi karakteristik saluran transmisi (50 Ω); dan ϵ_r adalah permitivitas relative substrat.

Untuk mendapatkan Panjang saluran pencatu digunakan persamaan berikut:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (7)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (9)$$

dengan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s); f_r adalah frekuensi resonansi (Hz); ϵ_r adalah permitivitas relative substrat; L_f adalah Panjang *feed line* (m); λ_0 adalah panjang gelombang di udara (m), dan λ_g adalah panjang gelombang dalam saluran pencatu (m).

III. METODE

A. Spesifikasi Antena

Antena yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu menggunakan antenna yang cukup kecil yang dapat diletakkan pada struktur bahan. Antena yang akan didesain menggunakan antenna mikrostrip *monopole*. Berikut spesifikasi antenna yang akan dirancang:

Tabel 1 Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
<i>Fractional Bandwidth</i>	$\geq 50\%$
VSWR	≤ 2
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB

Bahan yang digunakan sebagai *patch*, *feedline*, dan *groundplane* pada perancangan antenna mikrostrip *monopole* ini adalah tembaga (*cooper*). Sedangkan bahan yang digunakan sebagai substrat dielektrik adalah substrat tekstil. Berikut karakteristik bahan yang akan digunakan dalam perancangan antenna:

Tabel 2 Karakteristik Bahan

Bahan	Spesifikasi
Tembaga (<i>Cooper</i>)	Ketebalan dielektrik = 0.1 mm
Cordura	Permitivitas relative (ϵ_r) = 1.6 Ketebalan dielektrik = 0.5 mm

B. Dimensi Antena

Dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya, maka akan dilakukan perhitungan untuk geometri antenna jenis mikrostrip *monopole* yang akan dirancang. Berikut hal-hal akan yang dilakukan dalam perhitungan geometri antenna:

1. Panjang *patch* (L)

Untuk menentukan panjang *patch* (L) antenna mikrostrip *printed monopole patch* elips, didapatkan

dengan menggunakan persamaan (1), sehingga diperoleh hasil:

$$L = 2a$$

$$L = 2 \times 8.2$$

$$L = 16,4 \text{ mm}$$

2. Radius patch (r)

Untuk menentukan radius patch antenna mikrostrip printed monopole patch elips, didapatkan dengan menggunakan persamaan (1), sehingga diperoleh hasil:

$$r = \frac{b}{4}$$

$$r = \frac{20}{4}$$

$$r = 5 \text{ mm}$$

3. Frekuensi bawah

Untuk menentukan frekuensi bawah dari frekuensi kerja, didapatkan dengan menggunakan persamaan (2), sehingga diperoleh hasil:

$$f_L = \frac{7,2}{(L + R + P)}$$

$$f_L = \frac{7,2}{(1.64 + 0.5 + 0.15)}$$

$$f_L = 3,1 \text{ GHz}$$

4. Dimensi feedline

Untuk menentukan dimensi feedline terlebih dahulu kita menentukan lebar saluran pencatu (W_f) dengan menggunakan persamaan (6). Sebelum menentukan W_f terlebih dahulu kita menentukan nilai B dengan menggunakan persamaan (5). Sehingga diperoleh hasil nilai B dan W_f sebagai berikut:

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{1.6}}$$

$$B = 9.36$$

$$w_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right]$$

$$w_f = \frac{2 \times 0.5}{\pi} \left[9.36 - 1 - \ln(18.72 - 1) + \frac{1.6 - 1}{3.2} \left\{ \ln(9.36 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{1.6} \right\} \right]$$

$$w_f = 1,87$$

Untuk menentukan panjang gelombang di udara dengan menggunakan persamaan (7), sehingga diperoleh hasil:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{3,1 \times 10^9}$$

$$\lambda_0 = 0,096 = 96 \text{ mm}$$

Untuk menentukan panjang gelombang dalam saluran pencatu dengan menggunakan persamaan (8), sehingga diperoleh hasil:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_g = \frac{0,096}{\sqrt{1.6}}$$

$$\lambda_g = 0,075 = 75 \text{ mm}$$

Untuk menentukan panjang feedline dengan menggunakan persamaan (9), sehingga diperoleh hasil:

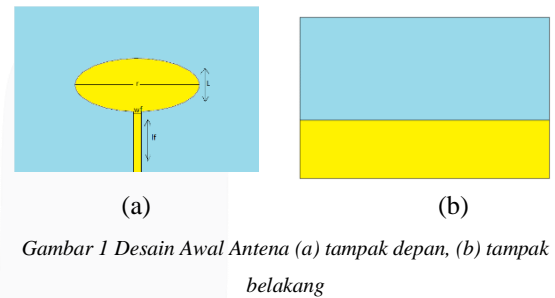
$$L_f = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$L_f = \frac{75}{4}$$

$$L_f = 18.75 \text{ mm}$$

C. Desain Awal Antena

Setelah melakukan perhitungan dimensi antenna mikrostrip, kemudian dilakukan perancangan dan simulasi menggunakan software untuk mengetahui apakah antenna sudah memiliki parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Untuk desain awal antenna menggunakan perhitungan dimensi yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 1 Desain Awal Antena (a) tampak depan, (b) tampak belakang

D. Optimasi Dimensi Antena

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan simulasi dengan menggunakan software. Simulasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu perancangan awal antenna yang sesuai dengan perhitungan. Namun hasil rancangan awal antenna tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, sehingga dilakukan optimasi untuk mendapatkan spesifikasi yang telah ditentukan. Optimasi dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap parameter lebar feedline (w_f). Pada table 3.4 berikut adalah perbandingan dimensi antenna dengan hasil perhitungan optimasi

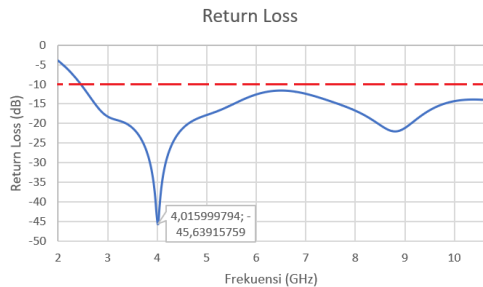
Tabel 3 Dimensi Antena Setelah Optimasi

Nama	Hasil perhitungan (mm)	Hasil optimasi (mm)
L	16.4	16.4
r	5	5
w_f	1.87	2.5
L_f	18.75	18.75

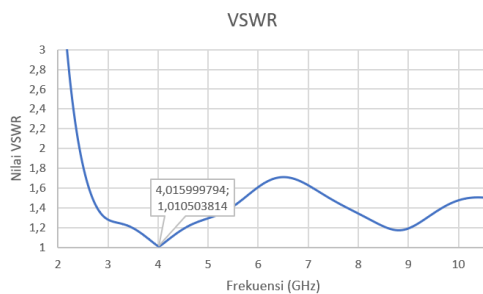
E. Hasil Simulasi

1. Hasil Simulasi Sebelum Optimasi

Setelah melakukan perancangan antenna menggunakan dimensi hasil perhitungan, kemudian dilakukan perancangan dan simulasi menggunakan *software* untuk mengetahui apakah antenna sudah memiliki parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang telah di tentukan.



Gambar 3 Grafik Return Loss Simulasi Sebelum Optimasi

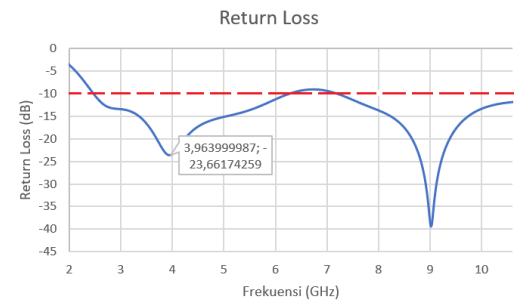


Gambar 1 Grafik Nilai VSWR Simulasi Sebelum Optimasi

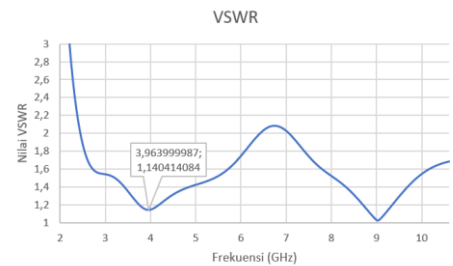
Pada gambar 3.3 dan 3.4 merupakan hasil simulasi antenna yang dimensinya sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai *return loss* di frekuensi 4 GHz sebesar -45.63, VSWR sebesar 1.01. Dari hasil simulasi tersebut, nilai *return loss* dan vswr sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu *return loss* ≤ -10 dan vswr ≤ 2 , tetapi belum memiliki *fractional bandwidth* untuk itu perlu adanya optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

2. Hasil Simulasi Setelah Dioptimasi

Berdasarkan hasil rancangan simulasi dapat dilihat dengan memperlebar dimensi w_f berpengaruh pada nilai *return loss* dan pergeseran frekuensi, semakin besar nilai w_f maka nilai *return loss* semakin kecil.



Gambar 2 Grafik Return Loss Simulasi Setelah Optimasi

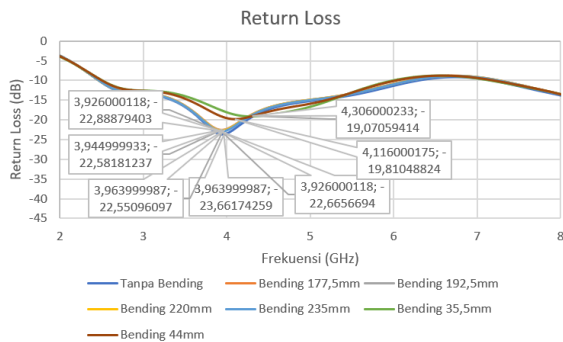


Gambar 3. 3 Grafik VSWR Simulasi Setelah Optimasi

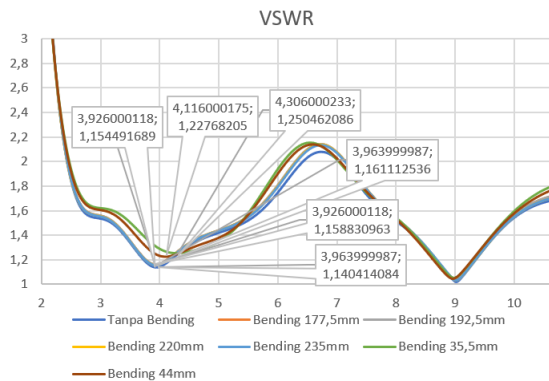
Pada gambar 3.6 dan 3.7 merupakan hasil simulasi yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini dan pada frekuensi 3.96 GHz diperoleh nilai *return loss* sebesar -23.66 dB, VSWR sebesar 1.14 dan *fractional bandwidth* sebesar 94%. Hasil optimasi menunjukkan bahwa nilai parameter sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

3. Perbandingan Hasil Simulasi Antena Sebelum dan Sesudah Bending

Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3.21 dan 3.22, terdapat perbedaan hasil yang didapatkan nilai *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR. Dari grafik dapat dilihat nilai *return loss* pada frekuensi 3.96 GHz sebelum dibending sebesar -23.66 dB, *bandwidth* sebesar 94%, dan VSWR sebesar 1.14. perbandingan hasil simulasi bending dapat dilihat ada tabel 3.5. Pada saat antenna dibending atau ditekuk terjadi perubahan pada nilai *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR. Semakin kecil radius tekukan yang terjadi pada antenna maka nilai *return loss* dan VSWR akan semakin besar sedangkan *fractional bandwidth*nya akan semakin sempit. Semakin kecil radius bending maka nilai *return loss* terbaik akan bergeser ke frekuensi diatas 3.96 dan semakin besar radius bending maka nilai terbaik *return loss* bergeser ke frekuensi yang mendekati 3.96.



Gambar 7 Perbandingan Return Loss Simulasi



Gambar 8 Perbandingan Nilai VSWR Simulasi

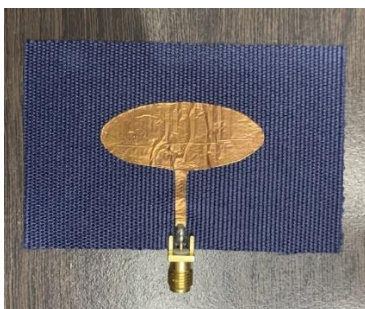
Tabel 4 Perbandingan Hasil Simulasi

Radius (mm)	Return Loss (dB)	Fractional Bandwidth	VSWR
0	-23.66	94%	1.14
35.5	-19.07	80%	1.25
44	-19.81	85%	1.22
177.5	-22.55	92%	1.16
192.5	-22.58	93%	1.16
220	-22.66	93%	1.15
235	-22.88	93%	1.15

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Setelah melakukan perancangan dan simulasi antena menggunakan software dan telah mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka proses selanjutnya yaitu realisasi antena. Antena yang dipabrikasi terbuat dari bahan cordura dan copper tape dengan patch elips.



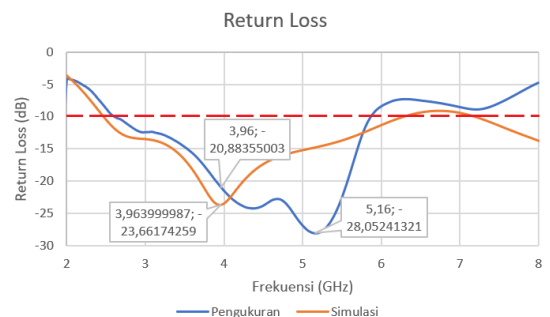
Gambar 8 Hasil Fabrikasi Antena Tampak Depan



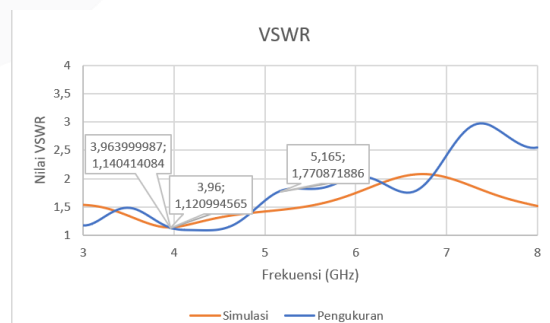
Gambar 9 Hasil Fabrikasi Antena Tampak Belakang

B. Hasil Pengukuran kondisi Tanpa Bending

Dari grafik return loss dan VSWR pada gambar 4.3 dan 4.4 pada saat pengukuran kondisi tanpa bending didapatkan hasil nilai return loss pada frekuensi 3.96 GHz senilai -20.88 dB, fractional bandwidth 80%, dan VSWR 1.12. Pada pengukuran nilai terbaik return loss bergeser ke frekuensi 5.16 GHz sebesar -28.05 dB dengan fractional bandwidth 62%, dan VSWR 1.77. Dibandingkan dengan hasil simulasi dengan pengukuran nilai return loss mengalami peningkatan, sedangkan fractional bandwidth dan VSWR mengalami penurunan, dan pada saat pengukuran nilai return loss terbaik bergeser ke frekuensi 5.16 GHz. Adanya perbedaan nilai simulasi dengan pengukuran karena pabrikasi antena yang dilakukan secara homemade sehingga nilai yang didapatkan berbeda dengan simulasi, tetapi antena yang dipabrikasi masih dapat digunakan karena masih sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.



Gambar 10 Grafik Return Loss Pengukuran Tanpa Bending

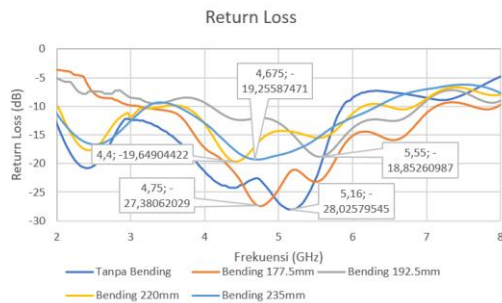


Gambar 11 Grafik VSWR Pengukuran Tanpa Bending

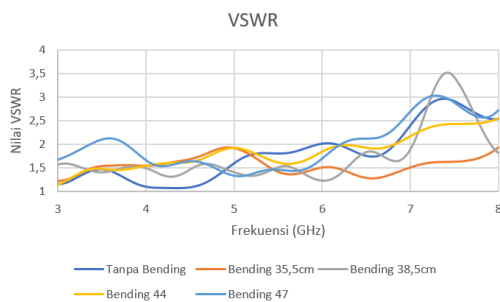
C. Perbandingan Hasil Pengukuran Antena Sebelum Dan Sesudah Bending

Berdasarkan hasil pengukuran antena sebelum dan sesudah bending dapat dilihat

gambar 4.13 dan 4.14 terdapat perbedaan hasil yang didapatkan nilai *return loss*, *fractional bandwidth*, dan *VSWR*. Perbedaan hasil nilai *return loss*, *fractional bandwidth*, dan *VSWR* dapat dilihat juga pada tabel 4.1. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin kecil radius tekukan yang terjadi pada antenna maka nilai *return loss* semakin kecil sedangkan *VSWR* dan *fractional bandwidth* semakin besar.



Gambar 12 Perbandingan Return Loss Pengukuran



Gambar 13 Perbandingan Nilai VSWR Pengukuran

Tabel 5 Perbandingan Hasil Pengukuran

Radius (mm)	Return Loss (dB)	Fractional Bandwidth	VSWR
0	-28.05	62%	1.77
177.5	-27.38	83%	1.85
192.5	-18.84	68%	1.54
220	-19.66	53%	1.61
235	-19.25	59%	1.58

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari keseluruhan analisis simulasi dan pengukuran yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip *monopole* patch elips sebagai sensor tingkat bending yang dirancang dan direalisasikan telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
2. Antena mikrostrip *monopole* patch elips sensitif ketika terjadi bending sehingga nilai *return loss*, *bandwidth*, dan *VSWR* berubah-ubah.
3. Pada pengukuran nilai *return loss* mengalami perubahan dengan perbedaan beberapa tingkat bending.

4. Hasil simulasi antenna sebelum adanya *bending* pada frekuensi 3.96 GHz dengan *return loss* sebesar -23.66 dB, *fractional bandwidth* 94%, dan *VSWR* 1.14. Hasil tersebut berbeda dengan hasil pengukuran dimana pada saat pengukuran nilai *return loss* terbaik bergeser ke frekuensi 5.16 GHz sebesar -28.05 dB, *fractional bandwidth* 62% dan *VSWR* 1.77.
5. Hasil simulasi antenna dengan kondisi di *bending* dengan radius 177.5mm pada frekuensi 3.96 GHz sebesar -22.55 dB, *fractional bandwidth* 92%, dan *VSWR* 1.16. Hasil tersebut berbeda dengan hasil pengukuran dimana pada saat pengukuran nilai *return loss* terbaik bergeser ke frekuensi 4.75 GHz sebesar -27.38 dB, *fractional bandwidth* 83%, dan *VSWR* 1.85.
6. Hasil pengukuran semakin kecil radius tekukan yang terjadi pada antenna maka nilai *return loss* akan semakin kecil, *fractional bandwidth* dan *VSWR* akan semakin besar. Sedangkan semakin besar radius tekukan yang terjadi pada antenna maka nilai *return loss* akan semakin besar, *fractional bandwidth* dan *VSWR* akan semakin kecil.
7. Perbedaan hasil simulasi dengan pengukuran berbeda dikarenakan antenna yang digunakan antenna *homemade* sehingga dalam proses fabrikasi tidak sempurna, dan pengukuran dilakukan dengan alat yang terbatas.

B. Saran

Agar mendapatkan performansi yang lebih baik berikut terdapat beberapa hal yang dijadikan saran saran antara lain:

1. Pengukuran antenna dilakukan di tempat yang cukup memadai dan menggunakan peralatan yang ideal untuk mendapatkan hasil parameter antenna yang lebih presisi dan lebih valid.
2. Dalam fabrikasi antenna *homemade* sebaiknya dilakukan dengan lebih teliti baik dalam pemotongan komponen, penggabungan komponen, dan penyolderan konektor
3. Melakukan percobaan dengan perubahan bahan atau substrat, konduktor maupun bentuk patch antenna untuk mengamati perubahan spesifikasi yang terjadi
4. Melakukan percobaan penekukan antenna dengan media bending lainnya.

REFERENSI

- [1] F. Riska, L. O. Nur, and T. Yunita, "Antena *Wearable* Dual Band Pada Frekuensi 2.4 GHz dan 5.8 Ghz Untuk Aplikasi Kesehatan Dengan Menggunakan Substrat Berbahan Tekstil,' 2020.
- [2] Y. Rahayu, T. A. Rahman, R. Ngah, and P. S. Hall, "Ultra wideband technology and its applications," in 2008 *IFIP International*

Conference on Wireless and Optical Communications Networks - (WOCN), Surabaya, Indonesia, May 5–7, 2008. IEEE, 2008. Accessed: Aug. 6, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/wocn.2008.4542537>

- [3] K.P.Ray, "Design Aspects Of Printed Monopole Antennas For Ultra-Wide Band Applications," *Hindawi Publishing Corporation*, Vol. 2008, Pp. 1–8, 2008, Doi: 10.1155/2008/713858.
- [4] S. Winalisa, A. Adya Pramudita, And H. Wijanto, "Pengaruh Penekukan Antena Mikrostrip 2,4 Ghz Sebagai Perangkat Wearable Terhadap Karakteristiknya," 2019.
- [5] T. Andriamiharivolamena, P. Lemaitre-Auger, D. Kaddour, S. Tedjini, F. Tirard, And J. Mourao, "Bending And Crumpling Effects On A Wearable Planar Monopole Antenna," Dec. 2012, Pp. 1–4. Doi: 10.1109/Antem.2012.6262384.
- [6] L. Vallozzi And H. Rogier, "Effects Of Bending On The Radiation Characteristics Of A Textile Patch Antenna," Dec. 2007.
- [7] "Antenna-Theory.com - Fractional Bandwidth." The Antenna Theory Website. <https://www.antenna-theory.com/definitions/fractionalBW.php> (accessed Aug. 7, 2022).