

Antena Mikrostrip Sebagai Sensor Pendeteksi Keretakan Pada Bata Ringan

1st Rizky Ibrahim Abigail
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

2nd Aloysius Adya Pramudita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

3rd Budi Prasetya
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rizkyibrahimabigail@student.telkomuniversity.ac.id adyapramudita@telkomuniversity.ac.id budiprasetya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Keretakan pada struktur bata dapat mengancam kekuatan dan kestabilan bangunan. Pendeteksian awal retakan sangat krusial untuk mencegah kerusakan lebih parah dan memastikan keamanan struktur. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan antena sebagai sensor untuk mengidentifikasi retakan pada bata. Antena yang dirancang memanfaatkan teknologi gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi perubahan permukaan material. Proses penelitian mencakup desain dan pembuatan antena, uji laboratorium, dan analisis data. Antena mikrostrip yang digunakan beroperasi pada frekuensi 2,5 GHz. Pengujian dilakukan dengan menciptakan retakan buatan pada bata dan mengamati perubahan sinyal yang dihasilkan antena. Hasil menunjukkan bahwa antena tersebut mampu mendeteksi retakan dengan tingkat akurasi tinggi. Perubahan signifikan pada sinyal yang diterima terlihat saat retakan muncul pada bata. Lebih lanjut, karakteristik retakan seperti kedalaman dan lebar dapat diidentifikasi melalui analisis sinyal.

Kata Kunci—antena, sensor, bata, gelombang elektromagnetik

I. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi di Indonesia berkembang pesat, ditandai dengan pembangunan gedung-gedung baru di seluruh negeri. Namun, hal ini berdampak pada penurunan kualitas tanah akibat beban berlebih dari struktur besar. Konsekuensinya, kualitas dan ketahanan gedung pun terpengaruh.

Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sebuah antena khusus. Alat ini mampu mendeteksi perubahan struktural yang tidak kasat mata menggunakan gelombang elektromagnetik. Antena tersebut dapat memindai keberadaan retakan pada berbagai titik bangunan. Keunggulan teknologi ini terletak pada fleksibilitas penggunaannya. Selain gedung baru, antena ini juga dapat diaplikasikan pada rumah dan bangunan bersejarah yang menggunakan batu bata sebagai material utama.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan antena untuk mendeteksi keretakan pada struktur batu bata. Secara umum, antena berfungsi dalam komunikasi nirkabel untuk mengirim atau menerima sinyal elektromagnetik. Prinsip kerjanya adalah mengonversi energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan sebaliknya.

II. DASAR TEORI

A. Antena

Antena adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian meman-

carkannya ke ruang bebas atau sebaliknya yaitu menangkap gelombang elektromagnetik [1].

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah jenis antena yang terdiri dari patch logam yang diletakkan di atas substrat dielektrik dengan tanah konduktor di bawahnya. Patch ini biasanya berbentuk persegi panjang, lingkaran, atau bentuk geometris lainnya dan terbuat dari bahan konduktif seperti tembaga atau emas. Antena mikrostrip banyak digunakan karena ukurannya yang kecil, ringan, mudah diproduksi, dan dapat diintegrasikan dengan sirkuit elektronik lainnya. Kelebihan lainnya termasuk kemampuan untuk bekerja pada berbagai frekuensi dan kemudahan dalam pembentukan array antena untuk peningkatan gain atau pola radiasi yang diinginkan. Struktur dasar antena ini terdiri dari tiga komponen utama:

1) Patch:

Patch merupakan elemen peradiasi utama, biasanya terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas. Patch ini dapat memiliki berbagai bentuk, dengan yang paling umum adalah persegi panjang atau lingkaran. Bentuk dan ukuran patch menentukan karakteristik radiasi antena. Berikut rumus untuk menghitung lebar *patch* (w_p)

$$W_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r + 11}} \quad (1)$$

2) Groundplane:

Ground Plane merupakan lapisan konduktor yang terletak di sisi bawah substrat. *Ground plane* berfungsi sebagai reflektor, membantu mengarahkan radiasi ke arah yang diinginkan dan meningkatkan efisiensi antena. Berikut rumus untuk menghitung lebar *ground* (w_g) dan panjang *ground* (l_g) adalah.

$$W_g = 6h + W_p \quad (2)$$

$$L_g = 6h + L_p \quad (3)$$

3) Substrat:

Lapisan ini terletak di bawah *patch* konduktor dan berfungsi sebagai medium pemisah antara patch dan *ground plane*. Substrat ini terbuat dari bahan dielektrik dengan konstanta dielektrik tertentu, yang mempengaruhi kinerja antena. Ketebalan dan sifat elektrik substrat memainkan peran penting dalam menentukan *bandwidth* dan efisiensi antena.

C. Return Loss

Return Loss adalah ukuran efektivitas pengiriman daya dari saluran transmisi ke beban seperti antenna [2]. ukuran yang menggambarkan seberapa baik kesesuaian (*matching*) antara antenna dengan saluran transmisi atau sumber sinyal. Secara lebih spesifik, return loss mengukur seberapa banyak daya yang dipantulkan kembali dari antenna ke sumber sinyal. Return loss dihitung dengan rumus

$$RL(dB) = 20\log_{10} \times \Gamma, \quad (4)$$

di mana Γ Dalam konteks return loss mewakili koefisien refleksi atau reflection coefficient. Koefisien refleksi ini mengukur seberapa banyak gelombang elektromagnetik yang dipantulkan kembali dari sebuah perangkat atau sistem, seperti antenna atau kabel transmisi, dibandingkan dengan seberapa banyak gelombang yang diteruskan. Nilai Γ ini sangat penting dalam menentukan efisiensi dan performa dari sistem transmisi atau antenna.

D. Teknik Pencatutan

Teknik *microstrip feed* adalah metode pencatutan yang digunakan untuk mengalirkan sinyal RF (*radio frequency*) dari sumber menuju antenna *microstrip*. Dalam metode ini, jalur transmisi *microstrip* secara langsung dihubungkan dengan *patch* antenna, yang bertindak sebagai elemen radiasi utama. pada tugas akhir ini teknik pencatutan yang digunakan adalah *microstrip feed* karena kemudahannya dalam desain dan fabrikasi, serta kemampuannya untuk menghasilkan pencocokan impedansi yang baik dengan frekuensi resonansi antenna

E. Vector Network Analyzer (VNA)

Vector Network Analyzer (VNA) adalah alat pengukuran presisi yang dirancang untuk mengevaluasi karakteristik listrik dari komponen dan sistem frekuensi radio (RF) serta gelombang mikro. Dengan mengukur amplitudo dan fase sinyal yang dipantulkan dan diteruskan, VNA memberikan gambaran mendalam tentang kinerja perangkat seperti antenna, filter, dan amplifier. Data yang diperoleh dari VNA sangat krusial dalam merancang, menguji, dan mengoptimalkan berbagai peralatan komunikasi modern.

III. DESAIN RANCANGAN SISTEM

A. usulan solusi

Untuk membuat antenna yang dapat berfungsi sebagai sensor keretakan pada bata ringan ada beberapa aspek yang diperhatikan dalam pemilihan model antenna yang akan digunakan, oleh karena itu ada tiga usulan solusi yang dipilih dalam tugas akhir ini. berikut tiga usulan solusi yang menjadi pertimbangan dalam pembuatan tugas akhir ini:

- Antena *microstrip*

Antena *microstrip* dapat digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi keretakan karena sering diaplikasikan dalam berbagai sensor. Keunggulannya antara lain mudah difabrikasi, berukuran kompak, dan bisa dipasang di berbagai permukaan, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi sensor. Antena ini

juga dapat disesuaikan untuk berbagai pola dan polarisasi, menjadikannya fleksibel untuk berbagai kebutuhan sensor.

- Antena *loop*

Antena *loop* dapat digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi keretakan karena mudah dibuat. Kelebihannya termasuk sensitivitas tinggi pada frekuensi rendah dan kemampuan mendeteksi berbagai frekuensi. Antena ini juga dapat menggantikan sambaran petir dalam beberapa aplikasi. Namun, kekurangannya meliputi pola radiasi yang tidak stabil dan ukuran yang relatif besar dibandingkan dengan antenna lainnya.

- Antena *dipole*

Antena *dipole* dapat digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi keretakan. Kelebihannya termasuk kemudahan desain dan produksi, serta pola radiasi yang stabil dan mudah diatur. Namun, antenna ini memiliki sensitivitas terbatas pada frekuensi tertentu dan gain yang relatif rendah dibandingkan jenis antenna lainnya.

usulan solusi yang akhirnya dipilih untuk pembuatan antenna sebagai sensor pendeteksi keretakan adalah antenna *mikrostrip*. Alasan pemilihan ini adalah karena antenna *mikrostrip* mudah diproduksi, berukuran kompak, dan dapat dipasang di berbagai permukaan, menjadikannya ideal untuk integrasi dalam berbagai aplikasi sensor. Selain itu, antenna *mikrostrip* dapat disesuaikan dengan berbagai pola dan polarisasi, memungkinkan adaptasi sesuai dengan kebutuhan spesifik aplikasi sensor.

Analisis dan pemilihan solusi ini dapat dilakukan dan disajikan menggunakan matriks keputusan, seperti yang ditunjukkan dalam contoh berikut.

Kriteria Seleksi	Bobot	A		B		C	
		Rating*	Nilai Bobot	Rating*	Nilai Bobot	Rating*	Nilai Bobot
Mudah difabrikasi	20%	5	1.0	3	0.6	5	1.0
Bahan mudah didapatkan	20%	4	0.8	4	0.8	5	1.0
Harga terjangkau	10%	4	0.4	3	0.3	5	0.5
Pola radiasi sesuai kebutuhan	25%	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Polarisasi sesuai kebutuhan	25%	5	1.25	3	0.75	4	1.0

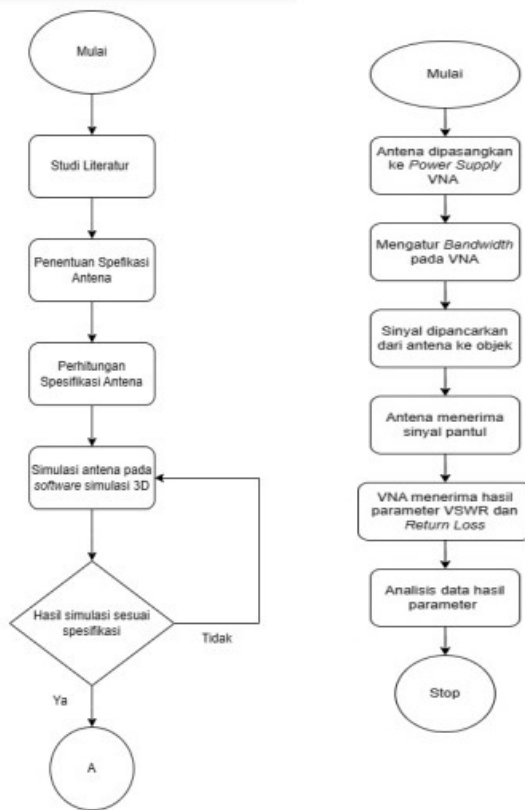
Gambar 3.1 Contoh Matriks Keputusan dalam Pemilihan Antena

Total Nilai	4.7	3.7	4.75
Peringkat	2	3	1
Lanjutkan?	Ya	Tidak	Mungkin

Gambar 3.2 hasil matriks keutusan

B. flowchart alur

pada perancangan tugas akhir yang berjudul antenna sebagai sensor pendeteksi keretakan pada bata ringan ada beberapa langkah yang akan dilakukan selama pembuatan. Berikut flowchart dari langkah-langkah yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini yang akan ditunjukkan seperti Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 flowchart alur kerja

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan pengerjaan tugas akhir ini dan penelitian yang akan dilakukan. Setelah data dikumpulkan, maka spesifikasi antena yang dibuat akan menggunakan data yang diperoleh. Setelah itu metode pembuatan antena akan dipilih sesuai dengan data yang telah diperoleh. Selanjutnya, dimensi antena dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari studi literatur.

Perangkat lunak perancangan antena digunakan untuk menyempurnakan desain antena berdasarkan dimensi awal yang telah ditentukan. Melalui proses optimasi berulang, desain antena disesuaikan agar memenuhi persyaratan kinerja yang diinginkan. Proses ini melibatkan penggunaan model matematika dan algoritma optimasi yang terintegrasi dalam perangkat lunak tersebut.

Desain antena yang telah disempurnakan kemudian diwujudkan dalam bentuk fisik melalui proses fabrikasi. Antena yang telah jadi ini kemudian diuji di laboratorium untuk mengukur berbagai parameter penting. Data hasil pengukuran ini kemudian dianalisis secara cermat untuk membandingkan

C. Tahap Perancangan Antena

Mengacu pada studi literatur yang ada, frekuensi operasi 2,5 GHz dipilih untuk desain antena mikrostrip dalam penelitian ini. Pemilihan frekuensi ini didorong oleh keberhasilan penerapan frekuensi serupa pada penelitian-penelitian sebelumnya, walaupun pada jenis substrat yang berbeda. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menguji hipotesis

apakah karakteristik kinerja antena akan tetap terjaga ketika diaplikasikan pada bata ringan. Selain itu, bentuk *patch* persegi dipilih karena kesederhanaannya dan kemudahan dalam proses pembuatan, sehingga memungkinkan untuk dilakukan optimasi desain yang lebih cepat.

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi

PARAMETER	SPESIFIKASI
Frekuensi kerja	2,5 GHz
Return loss	$\leq -10\text{dB}$
VSWR	≤ 2

Untuk merealisasikan desain antena, digunakanlah substrat FR-4 yang memiliki sifat rugi-rugi (*lossy*). Pilihan substrat ini didasarkan pada ketersediaan dan biaya yang ekonomis. FR-4 memiliki sifat dielektrik dengan nilai permitivitas relatif sebesar 4,3 dan ketebalan lapisan 1,6 mm.

D. Dimensi Antena

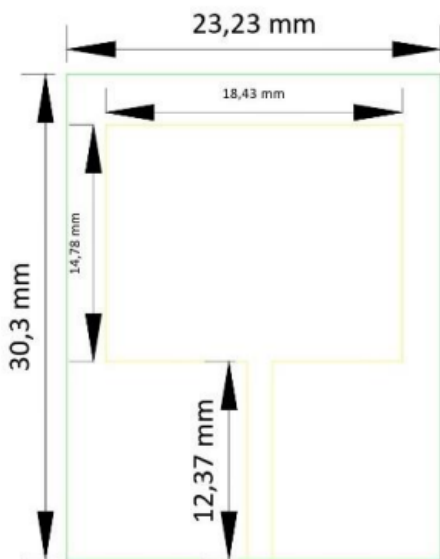
Ukuran-ukuran fisik antena yang beroperasi pada frekuensi 2,5 GHz disajikan secara detail dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Dimensi Antena

Parameter	Nilai
Lebar Patch (W_p)	36,85 mm
Panjang Patch (L_p)	29,556 mm
Lebar Groundplane (W_g)	46,45 mm
Panjang Groundplane (L_g)	39,418 mm
Lebar Feed (W_f)	3,11 mm
Panjang Feed (L_f)	15,525 mm
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm
Ketebalan Patch (t)	0,035 mm

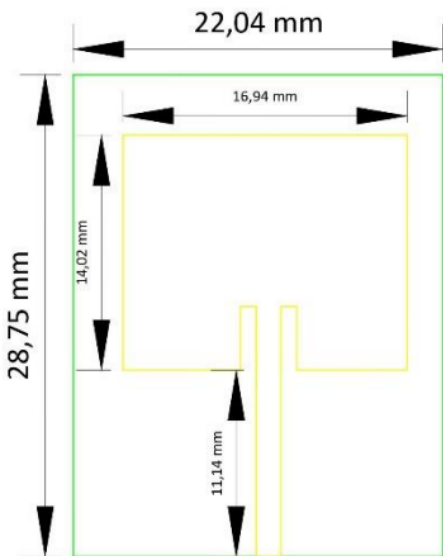
E. Simulasi Antena

Sebelum dilakukan pembuatan fisik (fabrikasi), desain antena yang telah dihitung dimensinya pada Tabel 3.2 terlebih dahulu disimulasikan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan perangkat lunak software 3d antena. Hasil simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Desain Awal sebelum optimasi

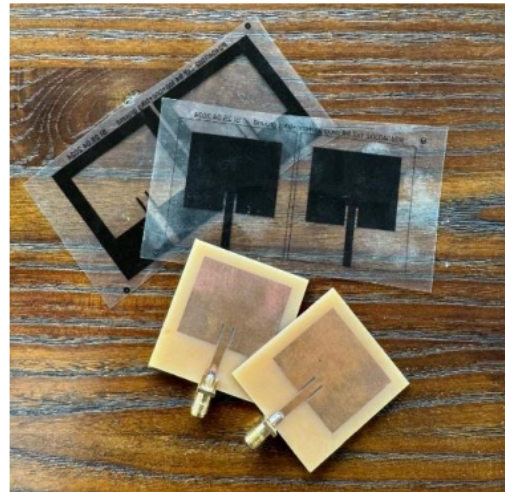
Karena hasil simulasi awal tidak memenuhi spesifikasi yang diharapkan, desain antenna perlu dilakukan perbaikan melalui proses optimasi. Hasil akhir dari proses optimasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Desain Antena Setelah Optimasi

F. Fabrikasi dan Realisasi Antena

Setelah mendapatkan hasil yang diharapkan dari antenna simulasi, selanjutnya spesifikasi antenna simulasi di fabrikasi dan di realisasikan. Antena yang difabrikasi dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 setelah difabrikasi

G. Pengukuran Antena Realisasi

Untuk memverifikasi akurasi hasil simulasi, dilakukan pengukuran pada antenna fisik menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA). Parameter-parameter seperti **VSWR** dan *return loss* diukur untuk dibandingkan dengan hasil simulasi. Pengukuran ini juga bertujuan untuk menganalisis pengaruh keberadaan retakan pada bata ringan terhadap karakteristik kinerja antenna.

H. Pengukuran Keretakan Batu Bata

Untuk pengukuran keretakan pada bata ringan parameter yang penting untuk menjadi tolak ukur adalah *return loss*. Untuk metode pengukurannya sendiri, antenna ditempelkan pada permukaan bata ringan yang sudah ditutupi oleh selembar kertas dan sudah ditandai pada sisi permukaan bata ringan. bata ringan telah ditandai dan memiliki 120 tanda yang akan dijadikan titik uji. Antenna nantinya akan dipindahkan dari titik ke titik untuk mendapatkan nilai *return loss*.

IV. HASIL DAN ANALISIS PERANCANGAN

A. Hasil Simulasi

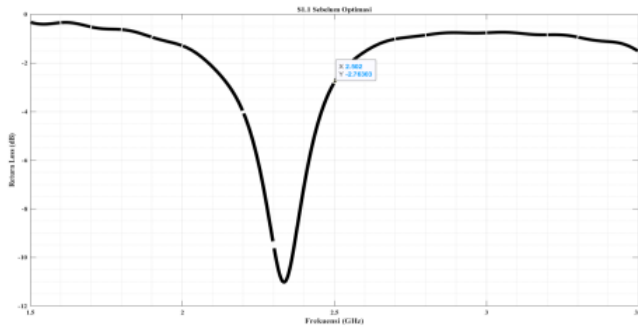
hasil Simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak 3D dibagi menjadi dua tahap, yaitu sebelum dan sesudah proses optimasi desain.

1) hasil Sebelum Optimasi:

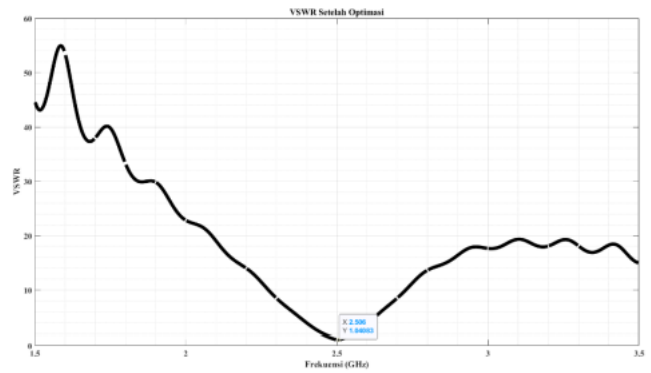
Pada tahap awal perancangan, antenna belum berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan kriteria yang diharapkan. Tabel 4.1 memberikan gambaran lengkap mengenai karakteristik antenna sebelum dilakukan perbaikan.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Sebelum Optimasi

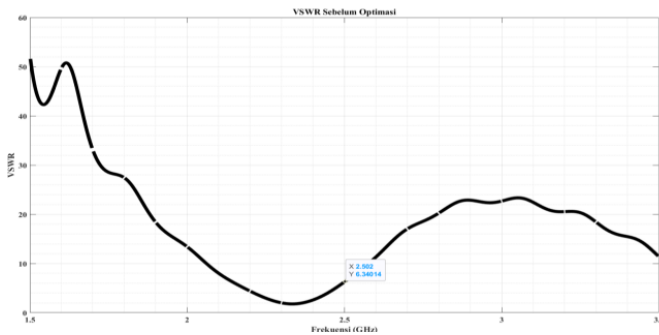
Sebelum optimasi		
Jenis	VSWR	S_{11} (dB)
Nilai sebelum optimasi	6,34014	-2,76303



Gambar 4.1 Return loss Sebelum Optimasi



Gambar 4.5 VSWR Setelah Optimasi



Gambar 4.2 VSWR Sebelum Optimasi

B. Hasil Antena fabrikasi

Setelah proses pembuatan (fabrikasi) selesai, antenna yang telah jadi kemudian diuji untuk memastikan bahwa performanya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran karakteristik antenna tersebut disajikan dalam Tabel 4.3.

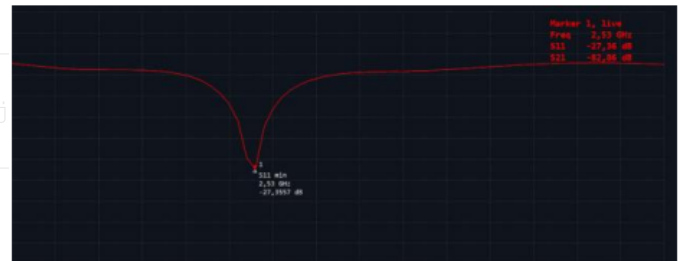
Tabel 4.3 Hasil Antena fabrikasi

Antena setelah difabrikasi		
Jenis	VSWR	s_{11} (dB)
Nilai sebelum optimasi	1,07598	-27,36

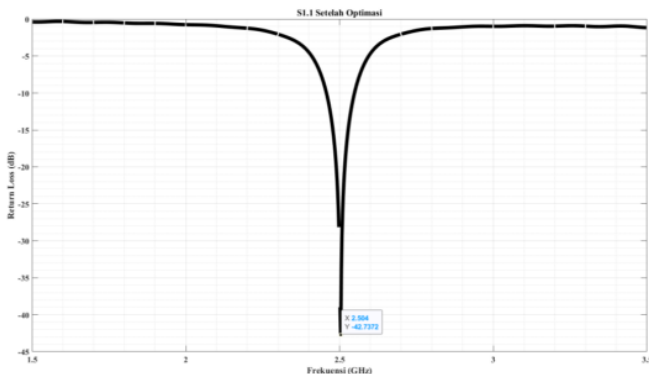
2) Hasil Simulasi Setelah Optimasi:
Setelah dilakukan proses optimasi, kinerja antenna telah memenuhi semua spesifikasi yang telah ditentukan. Tabel 4.2 menyajikan rincian parameter antenna pada kondisi optimal ini.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Setelah Optimasi

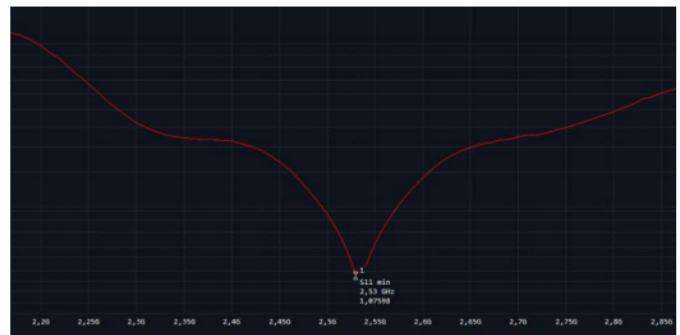
Sesudah optimasi		
Jenis	VSWR	s_{11} (dB)
Nilai sebelum optimasi	1,04083	-42,7372



Gambar 4.4 Return loss Realisasi



Gambar 4.4 Return loss Setelah Optimasi



Gambar 4.5 VSWR Realisasi

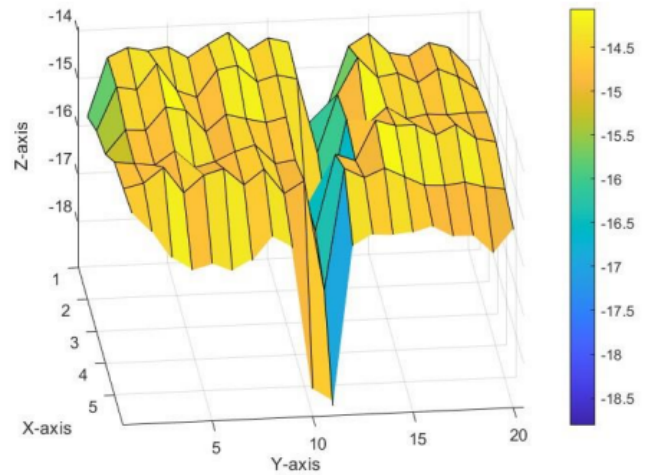
C. Hasil Pengukuran Antena dengan Objek

Pengukuran antenna dengan objek adalah pengukuran keretakan pada bata ringan menggunakan antenna. Dalam hal ini parameter yang menjadi tolak ukur adalah return loss yang berubah. Pada pengukuran ini, hanya 1 sisi yang akan di uji, sisi ini memiliki 120 titik yang akan diuji. Berikut ini adalah hasil pengukuran keretakan pada batu ringan.

Tabel 4.4 Parameter Pengukuran bata ringan

Nilai S_{11} (dB)					
1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120
-15,78	-15,41	-15,23	-14,73	-14,62	-14,49
-14,56	-14,51	-14,74	-14,78	-14,52	-14,92
-14,37	-14,59	-14,77	-14,83	-14,21	-15,53
-14,46	-14,06	-14,30	-14,55	-14,76	-15,80
-14,39	-14,64	-14,39	-14,92	-14,41	-15,69
-14,64	-14,80	-14,86	-14,81	-14,29	-15,87
-14,38	-14,25	-14,51	-14,62	-14,65	-15,65
-14,15	-14,17	-14,62	-14,50	-14,34	-15,16
-14,54	-14,53	-14,72	-14,91	-14,87	-15,40
-14,30	-14,41	-14,62	-14,85	-14,62	-18,54
-14,41	-14,51	-16,51	-16,35	-16,93	-18,81
-16,13	-16,06	-16,61	-14,77	-14,40	-15,44
-15,72	-14,87	-14,73	-14,92	-14,61	-15,20
-14,55	-14,12	-14,86	-14,10	-14,43	-15,23
-14,30	-14,55	-14,51	-14,23	-14,63	-15,19
-14,72	-14,48	-14,77	-14,23	-14,83	-15,07
-14,81	-14,70	-14,69	-14,46	-14,85	-15,30
-14,55	-14,43	-14,72	-14,26	-14,80	-15,31
-14,67	-14,61	-14,70	-14,57	-14,92	-15,70
-15,12	-14,90	-14,71	-14,66	-14,98	-15,21

Untuk menganalisis data yang diperoleh, kami membuat visualisasi dalam bentuk grafik. Grafik 2D dibuat menggunakan Microsoft Excel, sedangkan untuk visualisasi 3D kami menggunakan MATLAB. Hasil visualisasi ini dapat dilihat pada



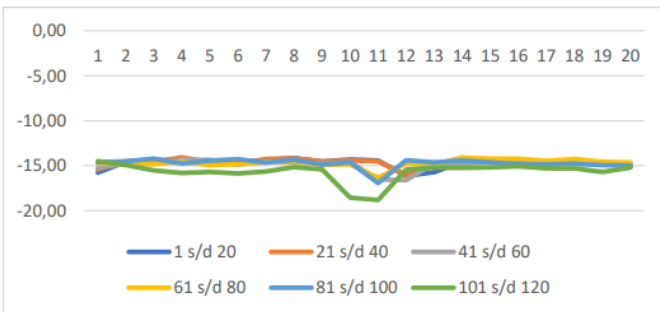
Gambar 4.7 Hasil 3D bata ringan

V. KESIMPULAN

Ketika diuji pada frekuensi 2,5 GHz, permukaan bata ringan yang retak menunjukkan nilai S_{11} yang lebih rendah dibandingkan dengan permukaan yang utuh. Fenomena ini terjadi karena adanya rongga atau celah akibat retakan pada permukaan bata, yang mengganggu proses pantulan gelombang elektromagnetik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai S_{11} dapat dijadikan indikator untuk mendeteksi keberadaan retakan pada bata ringan. Hasil pengukuran menggunakan antenna mikrostrip pada frekuensi 2,5 GHz mendukung hipotesis ini, di mana nilai S_{11} yang lebih kecil (lebih negatif) mengindikasikan adanya ketidaksempurnaan pada permukaan bata, seperti retakan.

PUSTAKA

- [1] F. Yuliantono, "Pola radiasi antenna - antenna radiation pattern," 06 2023.
- [2] T. Bird, "Definition and misuse of return loss [report of the transactions editor-in-chief]," *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*, vol. 51, pp. 166 – 167, 05 2009.



Gambar 4.6 Grafik bata ringan

Analisis visualisasi grafik dua dimensi saja tidak cukup untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai pola retakan pada bata ringan. Oleh karena itu, kami menggunakan MATLAB untuk menghasilkan model tiga dimensi yang dapat menggambarkan lebih detail bentuk dan distribusi retakan pada material tersebut. Hasil visualisasi tiga dimensi disajikan pada Gambar 4.7 dibawah ini.