

Antena Mikrostrip Sebagai Sensor Pendeteksi Keretakan Pada Batu Bata

1st Raihan Naufalsyah Mumtaz Batubara

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

raihannaufalsyah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

adyapramudita@telkomuniversity.ac.id

3rd Budi Prasetya

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

budiprasetya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Retakan pada struktur batu bata dapat mempengaruhi kekuatan dan stabilitas bangunan. Deteksi dini terhadap retakan ini sangat penting untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keselamatan bangunan. Dalam penelitian ini, antena mikrostrip digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi retakan pada batu bata. Antena mikrostrip dirancang dan diimplementasikan dengan memanfaatkan teknologi gelombang elektromagnetik yang mampu mendeteksi perubahan pada permukaan material. Antena yang digunakan adalah jenis mikrostrip yang dioperasikan pada frekuensi 2,5 GHz. Frekuensi ini dipilih dikarenakan mengikuti standarisasi antena sebagai sensor. Pengujian dilakukan dengan membuat retakan buatan pada batu bata dan mengukur perubahan *return loss* yang dihasilkan oleh antena. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antena tersebut mampu mendeteksi retakan dengan cukup baik. *Return loss* yang diterima antena menunjukkan perubahan yang signifikan ketika terdapat retakan pada batu bata.

Kata Kunci—antena, sensor, batu bata, gelombang elektromagnetik

I. PENDAHULUAN

Batu merah adalah adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan untuk konstruksi bangunan. batu merah dibuat dari tanah dengan atau tanpa bahan baku lain dibakar cukup tinggi, sehingga tidak dapat larut dalam air [1]. Walaupun batu bata tidak dapat larut dalam air, akan tetapi batu bata dapat mengalami keretakan.

Retakan pada struktur batu bata dapat mempengaruhi kekuatan dan stabilitas bangunan. keretakan pada batu bata dapat diakibatkan oleh kerusakan mekanis. Kerusakan mekanis adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh gaya-gaya mekanis seperti gempa, tekanan atau beban, tanah longsor, banjir [1].

Deteksi dini terhadap retakan ini sangat penting untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keselamatan bangunan. Dengan demikian, penggunaan antena sebagai sensor pendeteksi retakan pada batu bata dapat menjadi solusi yang efektif dan efisien dalam monitoring kondisi bangunan. Metode ini tidak hanya memberikan hasil yang cukup akurat, tetapi juga mudah diimplementasikan dan ekonomis.

II. DASAR TEORI

A. Antena

Antena, juga disebut aerial, adalah bagian dari stasiun pemancar atau penerima radio yang biasanya terbuat dari kawat

atau batang, yang digunakan untuk memancarkan gelombang ke ruang angkasa atau menerimanya dari sana. Antena mengubah arus listrik menjadi gelombang radio elektromagnetik, dan sebaliknya [2].

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah jenis antena yang menggunakan struktur planar dan terdiri dari lapisan konduktor yang sangat tipis di atas substrat dielektrik, dengan *ground plane* yang terletak di sisi berlawanan dari substrat. Antena ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950-an, namun penggunaannya semakin luas seiring dengan perkembangan teknologi komunikasi nirkabel yang membutuhkan antena ringan, tipis, dan mudah diintegrasikan dengan sirkuit lainnya.

Antena mikrostrip banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk komunikasi nirkabel (*Wi-Fi*, *Bluetooth*), sistem radar, GPS, dan aplikasi satelit. Selain itu, antena ini juga sering digunakan dalam sistem sensor dan monitoring karena kemampuannya untuk beroperasi pada frekuensi tinggi dengan ukuran yang kecil.

1) Patch:

Patch terbuat dari bahan Konduktor yang berfungsi sebagai elemen radiasi dan biasanya terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung lebar *patch* (W_p)

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

Karena *patch* yang digunakan adalah *patch* rectangular maka panjang *patch* (L) sama dengan Lebar *patch* (W) [3]

$$W = L \quad (2)$$

2) Groundplane:

Ground Plane adalah lapisan konduktor di bagian bawah substrat yang berfungsi sebagai referensi *ground* untuk medan elektromagnetik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung lebar *ground* (W_g) dan panjang *ground* (L_g) adalah

$$W_g = 6h + W_p \quad (3)$$

$$L_g = 6h + L_p \quad (4)$$

3) Substrat:

Substrat berfungsi sebagai penyokong fisik untuk *patch* dan *ground plane*, serta menentukan karakteristik medan elektromagnetik yang dihasilkan. Parameter penting substrat adalah konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalan (h). Setiap bahan yang dijadikan substrat memiliki nilai parameter masing-masing.

C. Return Loss

Return loss adalah salah satu parameter penting dalam analisis performa antenna dan sistem transmisi. *Return loss* mengukur seberapa besar daya yang dipantulkan kembali ke sumber ketika sinyal ditransmisikan melalui antenna atau jalur transmisi. Nilai ini dinyatakan dalam desibel (dB) dan merupakan indikator dari efisiensi sistem transmisi dalam memancarkan sinyal. Secara matematis, *return loss* didefinisikan sebagai:

$$RL(dB) = 20 \log_{10} \times \Gamma, \quad (5)$$

di mana Γ adalah koefisien refleksi, yang merupakan rasio antara tegangan gelombang yang dipantulkan dan tegangan gelombang yang datang pada titik tertentu dalam jalur transmisi.

D. Teknik Pencatutan

Pada antenna mikrostrip, ada dua jenis teknik pencatutan yaitu terhubung secara langsung dan secara tidak langsung. Pencatutan secara langsung terjadi pada pengirim *coaxial feed* dan *mikrostrip feed*, sedangkan pencatutan secara tidak langsung terjadi pada pencatutan *coplanar waveguide* dan *aperture-coupled mikrostrip feed*. Tugas akhir ini menggunakan teknik pencatutan *mikrostrip feed* karena mudah difabrikasi dan digunakan untuk pengukuran.

E. Vector Network Analyzer (VNA)

Vector Network Analyzer (VNA) adalah alat pengukuran yang digunakan untuk menganalisis parameter jaringan (network parameters) dari perangkat frekuensi tinggi, seperti antenna, *filter*, *amplifier*, dan komponen lainnya. VNA mampu mengukur parameter *S* (*scattering parameters*) yang mencakup besaran dan fasa dari sinyal yang dipantulkan dan ditransmisikan melalui suatu perangkat.

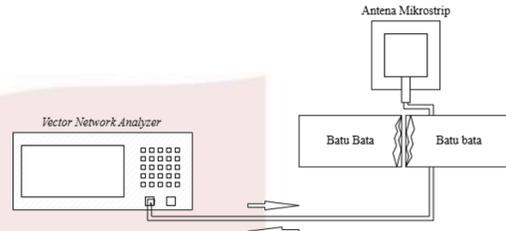
VNA bekerja dengan mengirimkan sinyal frekuensi radio (RF) atau gelombang mikro ke perangkat yang diuji dan kemudian menganalisis sinyal yang dipantulkan dan ditransmisikan. Hasil pengukuran ini sangat penting untuk merancang dan mengoptimalkan perangkat dalam aplikasi seperti komunikasi nirkabel, radar, dan sensor.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Desain Sistem

Untuk merancang antenna yang berfungsi sebagai sensor keretakan pada batu bata, frekuensi operasi yang dipilih adalah 2,5 GHz. Frekuensi ini memengaruhi berbagai aspek penting dari desain antenna, seperti ukuran fisik dan model yang akan digunakan. Spesifikasi awal antenna, yang mencakup parameter-parameter seperti frekuensi kerja, konstanta

dielektrik substrat, dan ketebalan material, sangat menentukan dimensi dan konfigurasi akhir antenna. Setelah memperoleh ukuran dan dimensi yang tepat berdasarkan spesifikasi tersebut, langkah berikutnya adalah melakukan perancangan detail dan simulasi. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulasi khusus, yang memungkinkan visualisasi pola radiasi, evaluasi *return loss*, dan optimasi performa antenna agar sesuai dengan tujuan aplikasi sebagai sensor keretakan pada batu bata. Ilustrasi pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini

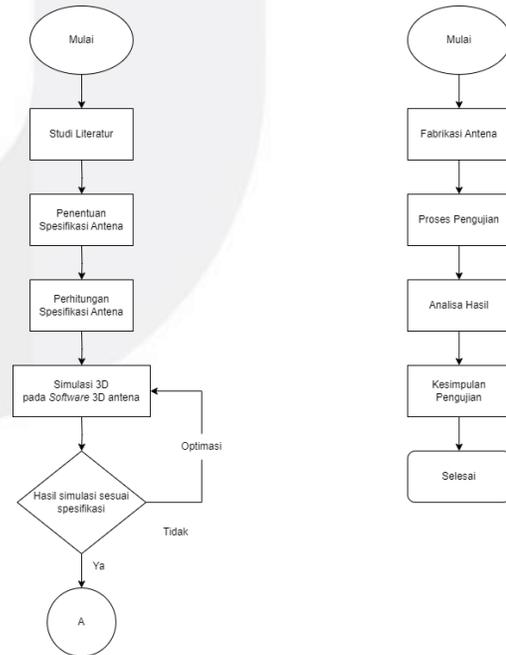


GAMBAR 3.1
ILUSTRASI SISTEM

Batu bata yang akan dijadikan bahan uji ditutupi oleh kertas yang ditandai yang berfungsi sebagai titik uji. satu sisi batu bata memiliki 8 titik uji maka, satu batu bata memiliki 16 titik uji.

B. Diagram Alir

Pada tugas akhir ini akan dirancang antenna sebagai sensor pendeteksi keretakan pada batu bata dengan frekuensi kerja 2,5 GHz. Berikut gambaran dari langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini yang digambarkan lewat diagram alir seperti Gambar 3.2 dibawah ini.



GAMBAR 3.2
DIAGRAM ALIR SISTEM

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur, yang melibatkan pemahaman dan pencarian referensi yang

relevan dengan topik penelitian. Tahap berikutnya adalah penentuan spesifikasi antenna berdasarkan referensi yang telah dikumpulkan. Setelah spesifikasi ditetapkan, metode perancangan antenna dipilih sesuai dengan spesifikasi tersebut. Selanjutnya, dilakukan perhitungan dimensi awal antenna menggunakan persamaan-persamaan yang diperoleh dari studi literatur. Setelah dimensi awal antenna diperoleh, tahap berikutnya adalah merancang antenna menggunakan perangkat lunak perancangan antenna dan melakukan optimasi untuk mencapai hasil yang diinginkan. Optimasi dilakukan terus-menerus hingga desain antenna memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

Dalam penentuan spesifikasi antenna, beberapa persamaan yang diperoleh dari studi literatur dapat digunakan. Setelah proses optimasi selesai dan hasilnya sesuai, tahap selanjutnya adalah fabrikasi antenna. Setelah antenna selesai difabrikasi, dilakukan pengukuran terhadap antenna yang telah direalisasikan. Hasil dari pengukuran ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan pemahaman lebih lanjut tentang performa antenna.

C. Tahap Perancangan Antena

Antena mikrostrip yang dirancang memiliki spesifikasi frekuensi 2,5 GHz seperti pada Tabel 3.1 dibawah, yang dipilih karena dalam penelitian sebelumnya, antenna dengan frekuensi ini telah digunakan, meskipun tidak pada objek seperti batu bata. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini, frekuensi 2,5 GHz digunakan untuk menilai apakah antenna dengan frekuensi yang sama akan memberikan efek yang serupa ketika diterapkan pada objek yang berbeda. Antena dengan berbagai bentuk *patch* dapat berfungsi sebagai sensor, namun dalam tugas akhir ini, dipilih *patch* berbentuk persegi karena bentuknya yang sederhana dan proses fabrikasinya yang relatif cepat.

TABEL 3.1
TABEL SPESIFIKASI

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi kerja	2,5 GHz
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2

Paa rancangan antenna ini, bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat adalah FR-4 *Lossy*. Bahan dielektrik ini digunakan dikarenakan mudah didapatkan dan harga yang masih dikategorikan murah. FR-4 memiliki konstanta dielektrik(ϵ_r) sebesar 4,3 dengan ketebalan dielektrik (h) sebesar 1,6 mm.

D. Dimensi Antena

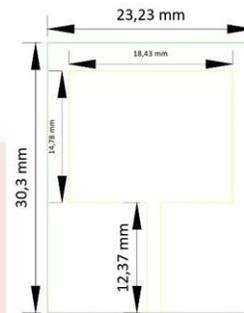
Dimensi antenna dengan frekuensi kerja 2,5 GHz dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

TABEL 3.2
DIMENSI ANTENA

No.	Keterangan	Nilai
1.	Lebar <i>Patch</i> (W_p)	36,85 mm
2.	Panjang <i>Patch</i> (L_p)	29,556 mm
3.	Lebar <i>Groundplane</i> (W_g)	46,45 mm
4.	Panjang <i>Groundplane</i> (L_g)	39,418 mm
5.	Lebar <i>Feed</i> (W_f)	3,11 mm
6.	Panjang <i>Feed</i> (L_f)	15,525 mm
7.	Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm
8.	Ketebalan <i>Patch</i> (t)	0,035 mm

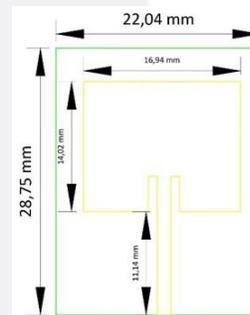
Simulasi Antena

Antena yang dirancang didapatkan dari hasil perhitungan dimensi yang sudah dihitung dan tercantum pada Tabel 3.2 diatas. Sebelum antenna difabrikasi, perancangan anten membutuhkan simulasi terlebih dahulu. Simulasi antenna dapat menggunakan *software* 3D antenna yang tersedia. Desain awal antenna yang disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



GAMBAR 3.3
DESAIN AWAL ANTENA

Perancangan awal antenna menghasilkan nilai parameter yang masih terbilang buruk. Oleh karena itu, optimasi dibutuhkan untuk membuat kinerja antenna simulasi menjadi maksimal dan mendapatkan nilai parameter yang diharapkan. Desain antenna yang sudah dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



GAMBAR 3.4
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 3.5 dibawah ini.



GAMBAR 3.5
ANTENA REALISASI

G. Pengukuran Antena Realisasi

Pengukuran antena dilakukan untuk memperoleh parameter antena yang sebenarnya agar sesuai dengan parameter yang dihasilkan dari simulasi, seperti VSWR dan *return loss*. Alat yang digunakan dalam pengukuran antena ini adalah *Vector Network Analyzer (VNA)* dan kabel *coaxial* sebagai penghubung. Pengukuran antena yang telah direalisasikan bertujuan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari simulasi 3D. Perbandingan ini berguna untuk menganalisis pengaruh keretakan pada batu bata terhadap parameter antena.

H. Pengukuran Keretakan Batu Bata

Untuk pengukuran keretakan pada batu bata parameter yang penting untuk menjadi tolak ukur adalah *return loss*. Untuk metode pengukurannya sendiri, antena ditempelkan pada permukaan batu bata yang sudah ditutupi oleh selembar kertas dan sudah ditandai setiap sisi permukaan batu bata. Satu sisi batu bata memiliki 8 titik uji yang berarti 1 buah batu bata memiliki 16 titik uji. Antena nantinya akan dipindahkan dari titik ke titik untuk mendapatkan nilai *return loss*.

IV. HASIL DAN ANALISIS PERANCANGAN

A. Hasil Simulasi

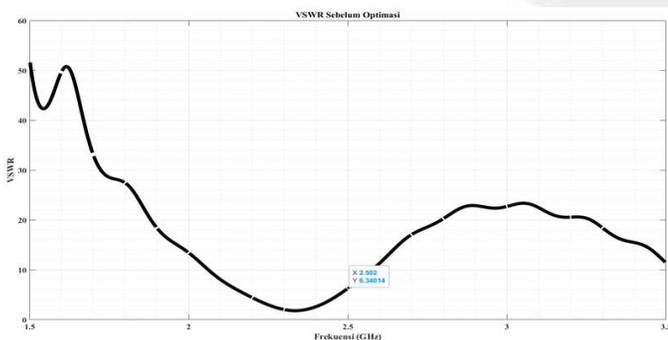
Hasil simulasi yang sudah dilakukan pada *software 3D* dibagi menjadi 2 bagian, yang pertama simulasi sebelum optimasi dan yang kedua simulasi setelah optimasi.

1) Hasil Simulasi Sebelum Optimasi:

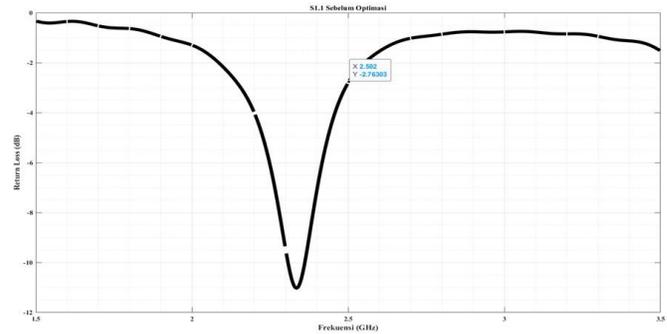
Sebelum proses optimasi dilakukan, antena tidak bekerja secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Parameter antena sebelum optimasi dapat dilihat pada Tabel 4.1. Berikut adalah parameter antena pada kondisi sebelum optimasi.

TABEL 4.1
HASIL SIMULASI SEBELUM OPTIMASI

Parameter Antena Sebelum Optimasi			
Jenis	Frekuensi Kerja	VSWR	S_{11} (dB)
Antena sebelum optimasi	2,5 GHz	6,34014	-2,76303



GAMBAR 4.1
VSWR SEBELUM OPTIMASI



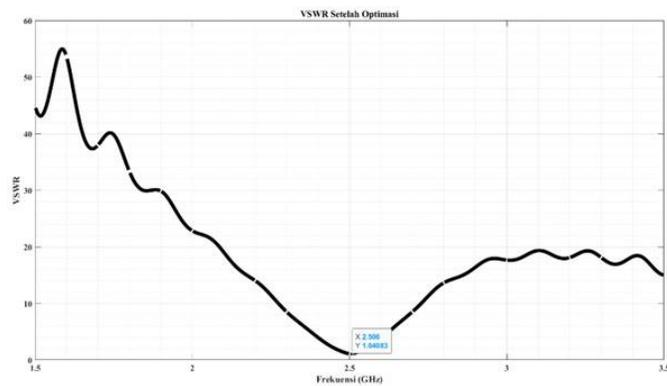
GAMBAR 4.2
RETURN LOSS SEBELUM OPTIMASI

2) Hasil Simulasi Setelah Optimasi:

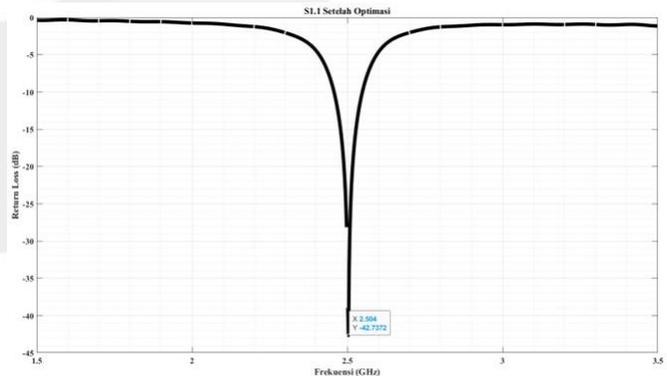
Setelah proses optimasi dilakukan, antena bekerja secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Parameter antena sesudah optimasi dapat dilihat pada Tabel 4.2. Berikut adalah parameter antena pada kondisi sesudah optimasi.

TABEL 4.2
HASIL SIMULASI SETELAH OPTIMASI

Parameter Antena Sesudah Optimasi			
Jenis	Frekuensi Kerja	VSWR	S_{11} (dB)
Antena sesudah optimasi	2,5 GHz	1,04083	-42,7372



Gambar 4.4
VSWR Setelah Optimasi



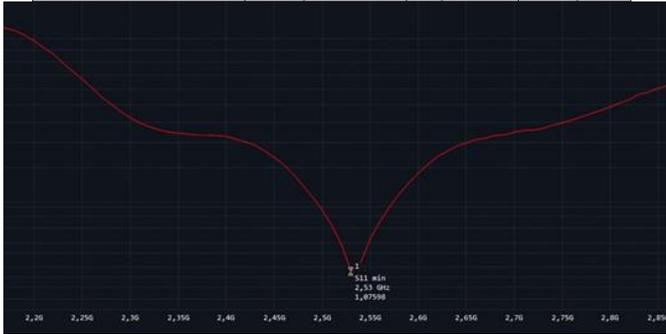
GAMBAR 4.5
RETURN LOSS SETELAH OPTIMASI

B. Hasil Antena Realisasi

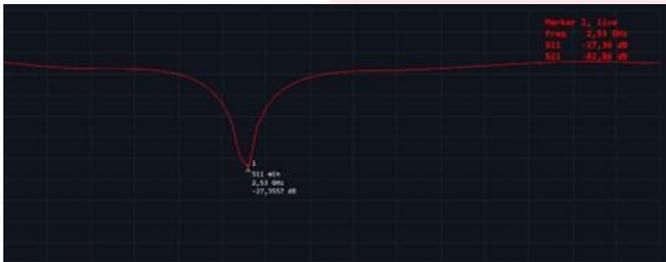
Setelah antena difabrikasi, antena diukur untuk mengetahui apakah antena bekerja secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Parameter antena realisasi dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut adalah parameter antena realisasi.

TABEL 4.3
HASIL ANTENA REALISASI

Parameter Antena Realisasi			
Jenis	Frekuensi Kerja	VSWR	S_{11} (dB)
Antena Realisasi	2,5 GHz	1.07598	-27,36



GAMBAR 4.4
VSWR REALISASI



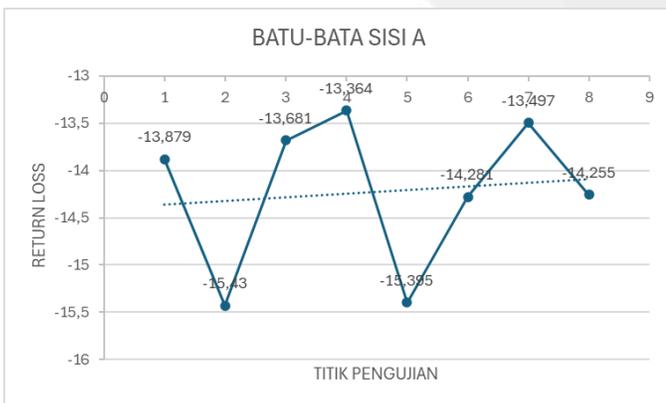
GAMBAR 4.5
RETURN LOSS REALISASI

C. Hasil Pengukuran Antena dengan Objek

Pengukuran antena dengan objek adalah pengukuran keretakan pada batu bata menggunakan antena. Dalam hal ini parameter yang menjadi tolak ukur adalah *return loss* yang berubah. Pada pengukuran ini, ada 2 sisi yang akan di uji, sebut saja sisi A dan sisi B. Berikut ini adalah hasil pengukuran keretakan batu bata pada sisi A

TABEL 4.4
PARAMETER PENGUKURAN SISI A

BatuBata Sisi A				
Titik Uji	1	2	3	4
Return loss (dB)	-13,879	-15,43	-13,681	-13,364
Titik Uji	5	6	7	8
Return loss (dB)	-15,395	-14,281	-13,497	-14,255

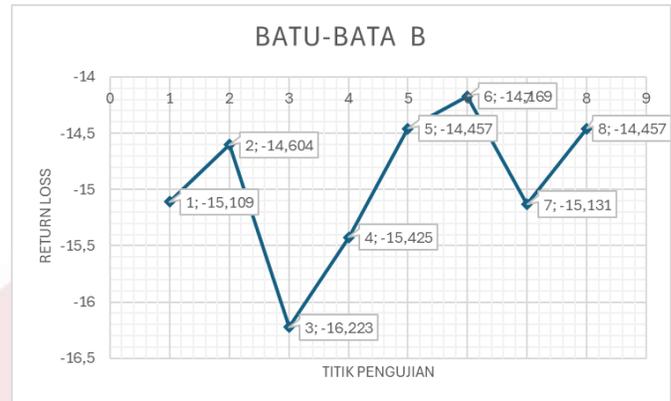


GAMBAR 4.6
SISI A

Setelah melakukan pengukuran pada sisi A, maka selanjutnya mengukur sisi B. Berikut adalah hasil pengukuran sisi B.

Tabel 4.5 Parameter Pengukuran Sisi B

BatuBata Sisi B				
Titik Uji	1	2	3	4
Return loss (dB)	-15,109	-14,604	-16,223	-15,425
Titik Uji	5	6	7	8
Return loss (dB)	-14,457	-14,169	-15,131	-14,457



Gambar 4.7 Sisi B

V. KESIMPULAN

Pada frekuensi kerja 2,5 GHz, nilai S_{11} yang dihasilkan pada permukaan batu bata yang retak lebih kecil dibandingkan dengan permukaan batu bata yang rata. Hal ini disebabkan oleh adanya keretakan atau ruangan pada bagian permukaan batu bata yang retak.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keretakan pada batu bata dan bata ringan atau hebel dapat dideteksi menggunakan pengukuran S_{11} dengan antena mikrostrip pada frekuensi kerja 2,5 GHz. Nilai S_{11} yang lebih rendah (lebih negatif) mengindikasikan adanya keretakan pada permukaan batu bata.

Kesimpulan ini didasarkan pada data dan prosedur yang diberikan dalam contoh, yang menunjukkan bahwa S parameter dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi keretakan pada permukaan batu bata dengan menggunakan antena *patch* dan VNA pada frekuensi kerja tertentu.

PUSTAKA

- [1] A. Munandar, "Kerusakan dan pelapukan material bata," *Jurnal Konse-rvasi Cagar Budaya*, vol. 4, no. 1, pp. 55–61, 2010.
- [2] R. F. Graf, *Modern dictionary of electronics*. Elsevier, 1999.
- [3] Z. N. Fikana, A. A. Pramudita, and L. O. Nur, "Perancangan antena mikrostrip sebagai sensor deteksi kadar air pada jagung," *eProceedings of Engineering*, vol. 10, no. 3, 2023.