

# Perancangan Antena Mikrostrip Sebagai Sensor Deteksi Kadar Air Pada Jagung

<sup>1st</sup>Zahara Nur Fikana

Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

zaharanurf@student.telkomuniversity.ac.id

<sup>2nd</sup>Aloysius Adya Pramudita

Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

adyapramudita@telkomuniversity.ac.id

<sup>3rd</sup>Levy Olivia Nur

Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**— Antena mikrostrip merupakan antena yang berbentuk pelat konduktor tipis dan terdiri dari 3 komponen utama yaitu patch, ground dan substrat. Antena mikrostrip yang dibuat pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kadar air pada jagung. Pengukuran kadar air pada jagung biasanya dilakukan dengan pengukuran laboratorium atau diperkirakan secara visual. Pengukuran laboratorium memerlukan waktu dan biaya yang signifikan, sedangkan estimasi secara visual tidak menjamin keakuratan hasil. Dalam tugas akhir ini antena yang digunakan adalah antena mikrostrip patch rectangular dengan frekuensi kerja 2,5 GHz. Antena pada tugas akhir ini menggunakan teknik pencatutan discrete port. Dengan metode yang diusulkan dapat dilakukan dengan mengambil sampel jagung, kemudian dimasukkan ke dalam antena yang telah dibuat kemudian disambungkan ke Vector Network Analyzer (VNA). Setelah dilakukan pengukuran antena maka hasil pengukuran dari sampel jagung dapat mengetahui banyaknya kadar air pada sampel jagung tersebut. Dengan frekuensi kerja 2,5 GHz, antena pada penelitian ini dapat membedakan antara jagung dengan kadar air tinggi dengan jagung dengan kadar air rendah. Dengan menggunakan metode persamaan curve fitting persamaan yang didapat adalah persamaan rasional dengan nilai Sum Square of Error (SSE) sebesar 0,002347, nilai R-Square sebesar 0,9599, dan nilai Root Mean Square (RMSE) sebesar 0,01713.

**Kata kunci**— antena mikrostrip, kadar air, sensor

## I. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang mempunyai peranan penting dalam pembangunan pertanian dan perekonomian Indonesia, penggunaan jagung untuk pakan mencapai 50% dari total kebutuhan yang ada [1]. Selain sebagai bahan pokok pengganti beras, jagung juga dapat dijadikan sebagai pakan ternak. Jagung mengandung berbagai nutrisi yang baik untuk tubuh seperti serat, protein, karbohidrat yang kompleks serta berbagai vitamin yang bermanfaat bagi tubuh. Oleh karena itu pengolahan jagung pasca panen perlu dilakukan dengan baik agar dapat menjaga kualitas jagung. Salah satu aspek penentu kualitas jagung yaitu kadar air pada biji jagung. Berdasarkan standar SNI 01-4483-1998 tentang jagung bahan baku pakan, persyaratan mutu yang harus dipenuhi oleh jagung adalah memiliki kadar air sebesar 14% [2].

Alat pengukur kadar air pada biji jagung sudah banyak terjual di pasaran, namun karena harganya yang relatif mahal, sebagian besar petani jagung masih menggunakan estimasi secara visual untuk menentukan kadar air yang terkandung pada jagung. Oleh karena itu penggunaan teknologi akan sangat bermanfaat untuk pengecekan kadar air pada jagung ini. Untuk

mengoptimalkan pengecekan kadar air pada jagung dapat memanfaatkan antena mikrostrip sebagai sensor. Antena mikrostrip dipilih karena harganya yang cukup terjangkau dan bentuknya yang fleksibel.

Antena mikrostrip merupakan antena yang tersusun dari tiga bagian yaitu *conducting patch*, substrat dielektrik dan *groundplane*. Antena mikrostrip terdiri dari sepasang konduktor metal yang dipisahkan oleh bahan dielektrik atau yang biasa disebut substrat. Antena mikrostrip merupakan antena yang sering digunakan pada alat komunikasi. Bahannya sederhana, ringan, murah, *low profile* dan dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan [3].

Pengukuran kadar air pada jagung ini akan menggunakan metode gravimetri untuk menjadi pembanding dari metode usulan. Metode gravimetri adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengukur kadar air sampel atau suatu bahan. Dengan metode gravimetri kadar air pada suatu sampel ditentukan oleh penurunan berat bahan selama pengeringan.

Alat ukur kadar air pada jagung ini akan menggunakan antena mikrostrip sebagai sensor yang akan mendeteksi kadar air pada jagung. antena mikrostrip merupakan lempengan tipis yang dipasang pada suatu lempengan konduktor tipis. Antena mikrostrip memiliki susunan yang terdiri dari empat elemen, yang pertama elemen peradiasi (*patch*), kedua elemen susrat, ketiga elemen saluran pencatu dan terakhir elemen pentahanan [4]. Antena mikrostrip sebagai sensor ini dapat digunakan dengan cara mengamati perubahan karakteristik antena pada sampel jagung yang diuji.

Karakteristik antena akan dipengaruhi oleh objek yang berada di sekitar antena, terutama pada objek yang berada dekat dengan antena. Konsep inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar perancangan sensor kadar air pada jagung menggunakan antena. Ketika antena didekatkan pada jagung maka karakteristik antena akan berubah dipengaruhi oleh kadar air pada jagung tersebut.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Kadar Air pada Jagung

Kadar air pada jagung merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses pasca panen. Biasanya kadar air dinyatakan dalam bentuk persen. Kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali

temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan [5]. Keawetan penyimpanan jagung juga dipengaruhi kadar air, hal ini disebabkan karena kandungan air pada jagung mempengaruhi daya tahan jagung terhadap serangan mikroba yang mempercepat proses pembusukan.

Penanganan pasca panen pada jagung bertujuan untuk mendapatkan butiran jagung dengan kualitas yang baik. Jagung dengan kualitas yang baik menurut standar SNI 01-4483-1998 tentang jagung sebagai bahan baku pangan, persyaratan mutu yang harus dipenuhi jagung adalah memiliki kadar air sebanyak 14%. Jagung dengan kadar air lebih dari 14% akan membuat proses pembusukan terjadi lebih cepat pada saat penyimpanan.

### B. Antena Sebagai Sensor

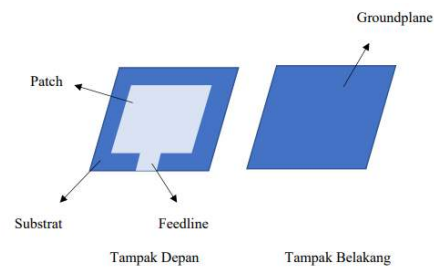
Antena merupakan salah satu komponen penting dalam telekomunikasi. Antena berfungsi sebagai pemancar dan penerima gelombang elektromagnetik. Banyak model antena yang dibuat, namun pada umumnya ukurannya yang besar membuat tingkat fleksibilitas menjadi rendah khususnya dalam perangkat-perangkat *mobile* dan *mini* [6]. Dalam perancangan antena sebagai sensor kadar air pada jagung ini, antena yang digunakan adalah antena mikrostrip karena mudah untuk diaplikasikan pada perangkat yang kecil.

Antena mempunyai berbagai fungsi, salah satunya adalah mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya. Karena dapat mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya, maka antena dapat digolongkan menjadi transduser. Hal inilah yang menjadikan antena dapat dijadikan sebagai salah satu komponen sensor. Karakteristik antena yang berubah dipengaruhi oleh objek di sekitar antena, terutama pada objek yang berada dekat dengan antena merupakan konsep yang digunakan sebagai dasar perancangan antena sebagai sensor kadar air pada jagung. Dengan kadar air pada jagung yang berbeda pada setiap pengukurannya maka mempengaruhi bahan dielektrik yang membuat nilai parameter pada antena menjadi berubah dikarenakan adanya perubahan koefisien refleksi pada bahan dielektrik yang menyebabkan perubahan nilai pada parameter.

### C. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang sering digunakan dalam alat telekomunikasi, karena sifat yang dimilikinya. Antena mikrostrip memiliki ukuran yang kecil, bentuk yang ringkas, praktis dan fleksibel. Antena mikrostrip terdiri dari sepasang konduktor metal yang dipisahkan oleh bahan dielektrik atau yang biasa disebut substrat. Sebuah antena mikrostrip dapat bekerja dengan baik pada frekuensi kerja yang diharapkan apabila memenuhi nilai-nilai parameter termasuk *Voltage Standing Ratio* (VSWR)  $\leq 2$  dan *return loss*  $\leq -10$  dB.

Pada tugas akhir ini, antena mikrostrip dipilih karena bentuknya yang sederhana dan proses perancangannya yang mudah. Perancangan antena mikrostrip sebagai sensor ini bertujuan untuk memudahkan petani jagung dalam proses pengukuran kadar air pada jagung, maka digunakanlah antena mikrostrip karena proses fabrikasinya yang tidak memakan waktu lama serta harganya yang relatif murah.



1. *Patch*, Pada antena mikrostrip terdapat berbagai macam bentuk *patch*, seperti *rectangular* (persegi), *triangular* (segitiga), *elips* dan *circular ring*. *Patch* terletak pada bagian paling atas antena mikrostrip dan berfungsi untuk meradiasikan sinyal elektromagnetik. *Patch* terbuat dari lapisan logam dengan ketebalan tertentu. Untuk menghitung dimensi *patch* pada antena dapat menggunakan rumus sebagai berikut [7].

$$W = \frac{c}{2fr \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

Karena *patch* yang digunakan adalah *patch rectangular* maka panjang *patch* ( $L$ ) sama dengan Lebar *patch* ( $W$ ).

$$L=W \quad (2.2)$$

2. *Ground Plane*, *ground plane* merupakan bagian paling bawah dari antena mikrostrip yang mempunyai fungsi sebagai reflektor untuk memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Bentuk *ground plane* yang sering dipakai adalah persegi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung lebar *ground* ( $W_g$ ) dan panjang *ground* ( $L_g$ ) adalah [7].

$$W_g = 6h + W_{patch} \quad (2.3)$$

$$L_g = 6h + L_{patch} \quad (2.4)$$

3. *Substrat*, karakteristik substrat sangat berpengaruh besar pada parameter-parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat terhadap antena adalah pada bandwidth. Terdapat beberapa jenis substrat misalnya seperti *epoxy*, *duroit*, *alumina* dan lain lain. Pada setiap jenis substrat terdapat konstanta dielektrik yang berbeda-beda.

### D. Parameter Umum Antena Mikrostrip

Pada antena mikrostrip terdapat beberapa parameter umum seperti VSWR (*Voltage Standing Ratio*) dan *Return Loss*.

1. VSWR adalah perbandingan antara amplitudo maksimum dan amplitudo minimum dari suatu gelombang berdiri. VSWR juga dapat dinyatakan sebagai perbandingan amplitudo maksimum terhadap amplitudo minimum dari kuat medan elektrik ( $E_{max}$  /  $E_{min}$ ) [8].

2. *Return loss* adalah ukuran efektivitas pengiriman daya dari saluran transmisi ke beban, seperti antenna [9]. Frekuensi kerja antenna yang baik adalah saat nilai dari *return loss*-nya  $\leq -10$  dB. Dari nilai *return loss* tersebut artinya 90% dari sinyal dapat diserap dengan baik dan hanya 10% dari sinyal yang dipantulkan kembali [10].

#### E. Metode Gravimetri

Gravimetri merupakan pemeriksaan jumlah zat yang paling tua dan sederhana dibandingkan dengan cara pemeriksaan kimia lainnya

Prinsip dasar gravimetri adalah analisis yang berdasarkan pada bobot atau berat sebagai langkah utamanya. Hasilnya dapat dinyatakan dalam persentase berat basah, berat kering atau terhadap volume. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut [11].

$$\% \text{ kadar air jagung} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \quad (2.5)$$

#### F. Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan pada antenna mikrostrip ada dua macam yaitu terhubung secara langsung dan secara tidak langsung. Contoh pencatuan secara langsung yaitu ada pada *coaxial feed* dan *microstrip feed*, sedangkan untuk pencatuan secara tidak langsung contohnya seperti pada *coplanar waveguide* dan *aperture-coupled microstrip feed*. Pada tugas akhir ini teknik pencatuan yang digunakan adalah *discrete port*. *Discrete port* digunakan pada tugas akhir ini karena mudah digunakan untuk pengukuran pada tugas akhir ini.

#### G. Vector Network Analyzer (VNA)

*Vector Network Analyzer* atau yang biasa disebut VNA merupakan alat ukur yang digunakan secara luas pada sistem komunikasi. *Vector network analyzer* merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur parameter jaringan-jaringan listrik. Analisa jaringan biasanya mengukur S-parameter karena refleksi dan transmisi jaringan listrik mudah diukur pada frekuensi tinggi, tetapi ada S-parameter jaringan lain seperti y-parameter, z-parameter dan h-parameter [12].

#### H. Metode Untuk Curve Fitting

Untuk mencari relasi yang menghubungkan antara variabel frekuensi dengan kadar air pada pengukuran antenna realisasi, digunakan *curve fitting* pada *Matlab*. Variabel yang digunakan pada persamaan ini adalah parameter frekuensi. Parameter frekuensi dipilih karena parameter inilah yang paling sensitif diantara parameter lainnya. Persamaan yang diperoleh dari variabel pembanding frekuensi dan kadar air adalah seperti persamaan berikut:

$$f(x) = \frac{p_1 x^2 + p_2 x + p_3}{x^2 - q_1 + q_2} \quad (2.6)$$

#### I. Sensor

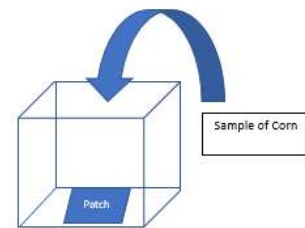
Sensor merupakan sebuah perangkat yang menerima stimulus dan meresponnya dengan sinyal listrik [13]. Sensor merupakan alat atau perangkat yang digunakan untuk mengukur perubahan besaran fisik. Sensor bertujuan untuk merespon sebuah sinyal fisik dan menerjemahkannya menjadi bahasa yang dapat dan mudah dimengerti oleh

manusia. Sinyal keluaran dari sensor dapat berupa tegangan, arus ataupun muatan [13].

### III. METODE

#### A. Desain Sistem

Untuk perancangan antenna sebagai sensor kadar air pada jagung ini digunakan frekuensi 2,5 GHz. Spesifikasi antenna yang sebelumnya telah ditentukan akan berpengaruh pada antenna yang didesain seperti, pada ukuran dan model antenanya. Setelah didapatkan ukuran dari beberapa dimensi antenna yang dibutuhkan selanjutnya dapat dilakukan perancangan serta simulasi dengan menggunakan *software*.

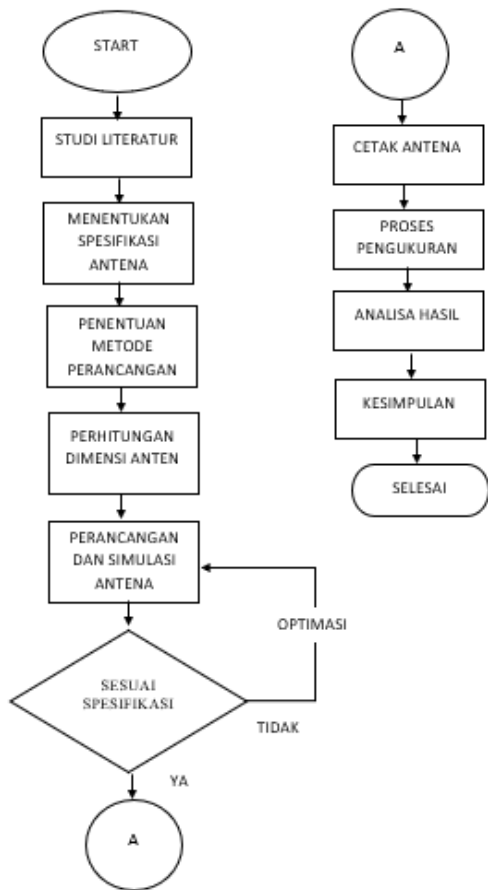


GAMBAR 3.1  
(Ilustrasi Antena.)

Antena yang sudah difabrikasi kemudian diberi PVC (*Polyvinyl Chlorida*) pada masing-masing sisinya. PVC (*Polyvinyl Chlorida*) adalah polimer yang tersusun atas monomer vinil klorida. PVC pada tugas akhir ini digunakan sebagai tempat sampel yang diukur dengan menggunakan antenna. Ilustrasi penggunaan antenna pada saat pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.1.

#### B. Diagram Alir

Pada tugas akhir ini akan dirancang antenna mikrostrip sebagai sensor kadar air pada jagung. Berikut diagram alir yang menggambarkan tahapan perancangan antenna mikrostrip sebagai sensor kadar air pada jagung dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



GAMBAR 3.2 (Diagram Alir).

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur, mempelajari dan mencari referensi-referensi yang sesuai dengan topik penelitian. Kemudian, penentuan spesifikasi antenna berdasarkan dari referensi yang telah didapatkan sebelumnya. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan metode perancangan antenna sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan perhitungan dimensi awal antenna dengan menggunakan persamaan-persamaan yang didapatkan dari proses studi literatur. Setelah dimensi awal antenna didapatkan, maka proses selanjutnya adalah perancangan antenna dengan menggunakan *software* perancangan antenna dan optimasi untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Optimasi terus dilakukan sampai hasil rancangan antenna sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Dalam penentuan spesifikasi antenna dapat digunakan beberapa persamaan yang didapatkan dari proses studi literatur. Setelah proses optimasi selesai dan hasil yang didapatkan sudah sesuai, tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu proses fabrikasi antenna. Setelah antenna selesai di fabrikasi maka dilakukan proses pengukuran antenna realisasi. Setelah proses pengukuran, kemudian dari hasil pengukuran didapatkan hasil yang kemudian dilakukan analisis data.

C. Tahap Perancangan Antena

Antena mikrostrip yang dirancang mempunyai spesifikasi seperti yang tertera pada Tabel 3.1. Frekuensi 2,5 GHz digunakan karena pada penelitian sebelumnya antenna dengan frekuensi yang sama digunakan tetapi tidak menggunakan objek biji-bijian seperti jagung, maka pada

tugas akhir ini digunakan frekuensi 2,5 GHz untuk membuktikan apakah antenna dengan frekuensi yang sama berpengaruh sama apabila digunakan untuk objek yang berbeda. Antena dengan segala bentuk patch dapat dijadikan sensor namun pada tugas akhir ini pemilihan *patch* persegi karena bentuk nya yang ringkas dan proses fabrikasinya yang tidak memakan waktu lama.

TABEL 3. 1 (Karakteristik Antena yang Diharapkan.)

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	2,5 GHz
Return Loss	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2 dB

Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada perancangan antenna ini adalah FR-4 tembaga, Bahan ini dipilih karena mudah didapatkan dan harganya cukup terjangkau. Karakteristik bahan dielektrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

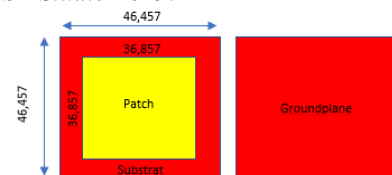
1. Konstanta Dielektrik : 4,3
2. Ketebalan Substrat : 1,6 mm
3. Tebal Dielektrik : 0,035

D. Dimensi Antena

NO	Keterangan	Parameter	Nilai Sebelum Optimasi (mm)	Nilai Sesudah Optimasi (mm)
1	Lebar <i>ground plane</i> dan substrat	$W_g$	46,457	37,1
2	Panjang <i>ground plane</i> dan substrat	$L_g$	46,457	37,1
3	Lebar sisi <i>patch</i>	$W$	36,857	27,5
4	Panjang sisi <i>patch</i>	$L$	36,857	27,5
5	Tebal dielektrik	$t$	0,035	0,035
6	Tebal substrat	$h$	1,6	1,6
7	Konstanta dielektrik substrat (FR-4)	$\epsilon_r$	4,3	4,3

E. Simulasi Antena

Perancangan antenna dilakukan sesuai dengan hasil yang didapatkan pada perhitungan dimensi antenna seperti yang tercantum pada tabel 3.2. *Software* yang digunakan dalam merancang antenna pada tugas akhir ini adalah CST *Studio* 2019.

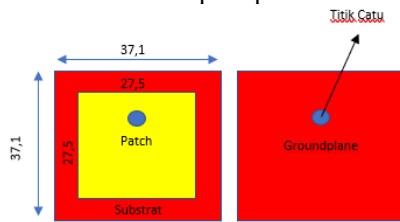


GAMBAR 3. 3 (Desain Awal Antena)

Perancangan antenna berdasarkan hasil perhitungan dimensi awal akan menghasilkan kinerja yang kurang maksimal dikarenakan antenna tidak bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Maka dari itu perlu dilakukan optimasi sampai antenna dengan spesifikasi yang diinginkan



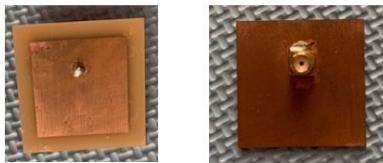
didapatkan. Setelah dilakukan proses optimasi maka akan didapatkan desain antenna seperti pada Gambar 3.4.



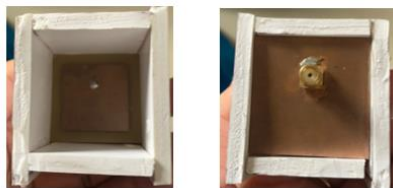
GAMBAR 3. 4  
(Desain Antena Setelah Optimasi.)

#### F. Realisasi Antena

Setelah mendapatkan hasil yang sesuai pada simulasi antena, maka selanjutnya dilakukan proses realisasi antena. Realisasi antena dilakukan berdasarkan hasil dari proses optimasi antena pada simulasi Gambar 3.5, antena sudah dipasang dengan konektor SMA *female*. Kemudian pada Gambar 3.6 merupakan antena realisasi yang telah ditambahkan PVC pada masing-masing sisinya.



GAMBAR 3. 5  
(Antena Realisasi.)



GAMBAR 3. 6  
(Antena Sebagai Sensor.)

#### G. Pengukuran Antena Realisasi

Pengukuran antena dilakukan untuk mendapatkan parameter antena realisasi yang sesuai dengan parameter pada simulasi yaitu *vswr* dan *return loss*. *Vector Network Analyzer* (VNA) dan kabel penghubung *coaxial* merupakan alat yang digunakan pada pengukuran antena realisasi ini.

Pengukuran antena realisasi digunakan untuk membandingkan hasil pada simulasi *software*. Perbandingan yang didapatkan berguna untuk melihat pengaruh kandungan air pada jagung terhadap parameter antena

#### H. Pengukuran Kadar Air pada Jagung

Pengukuran kadar air pada jagung dilakukan dengan metode gravimetri, yang bertujuan untuk mengetahui persentase jumlah kadar air dalam jagung. Metode gravimetri dilakukan untuk menjadi metode pembandingan dari pengukuran kadar air pada jagung dengan menggunakan antena. Untuk melakukan pengukuran dengan metode gravimetri pertama tama jagung ditimbang untuk mengetahui berat awalnya. Pada penelitian ini, sampel jagung yang ditimbang ditempatkan pada piring plastik dengan berat 72 gram. Setelah ditimbang, kemudian sampel jagung dijemur

dibawah sinar matahari selama 20 menit dalam sekali penjemuran. Setelah dijemur kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui berat sampel jagung setelah proses penjemuran. Proses penimbangan dan penjemuran dilakukan sebanyak 12 kali pada tugas akhir ini. Berat sampel jagung sebelum dan setelah proses penjemuran yang didapat, kemudian bisa dihitung dengan rumus yang didapatkan dari proses studi literatur untuk mendapatkan persentase kadar air pada jagung.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Simulasi

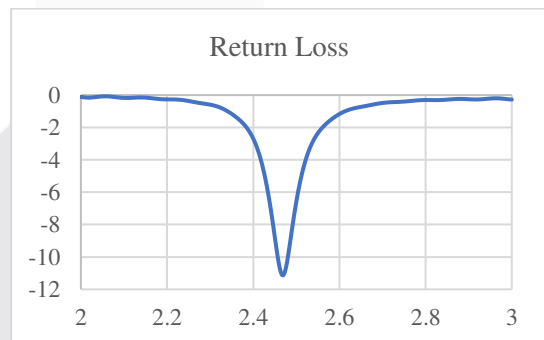
Sensor kadar air dengan menggunakan antena ini didasarkan pada prinsip dari perubahan parameter antena yang diukur. Mekanisme kerja sensor ini adalah dengan cara meletakkan objek yang diukur kadar airnya diatas *patch*, dalam tugas akhir ini objek yang digunakan adalah jagung. Kemudian antena menerima sinyal yang dimunculkan gelombangnya pada saat pengukuran dengan menggunakan VNA.

#### 1. Hasil Simulasi Antena Sebelum Optimasi

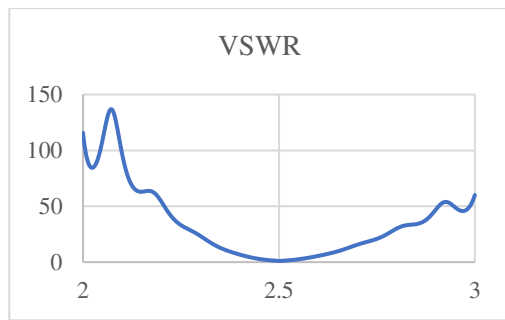
Sebelum dilakukan proses optimasi pada antena, antena tidak bekerja maksimal sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Berikut merupakan parameter antena pada saat antena sebelum optimasi Sebelum dilakukan proses optimasi pada antena, antena tidak bekerja maksimal sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Berikut merupakan parameter antena pada saat antena sebelum optimasi.

TABEL 4. 1  
(Hasil Simulasi Antena Sebelum Optimasi.)

Hasil Simulasi Antena Sebelum Optimasi				
No	Jenis	Frekuensi	VSWR	S <sub>11</sub>
1	Antena Sebelum Optimasi	2,47	2,766	-11,113



GAMBAR 4. 1  
(Grafik *Return Loss* Antena Simulasi Tanpa Objek.)



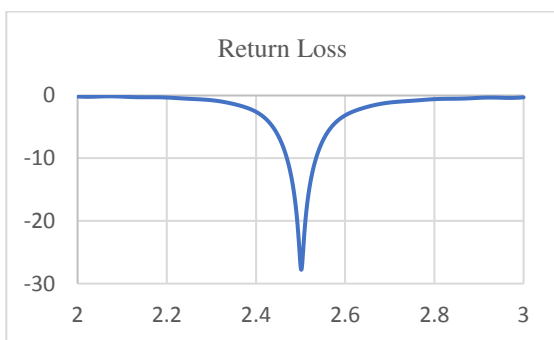
GAMBAR 4. 2  
(Grafik VSWR Antena Simulasi Tanpa Objek.)

2. Hasil Simulasi Antena Tanpa Objek

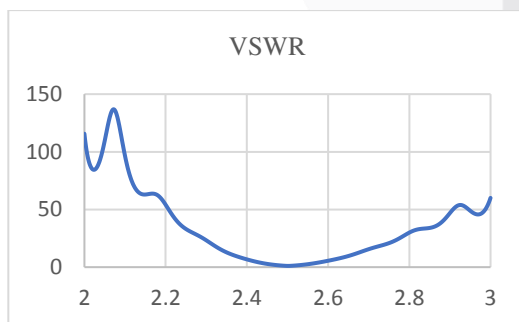
Simulasi antena tanpa objek dilakukan untuk memastikan antena yang difabrikasi sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Antena yang digunakan pada simulasi ini adalah antena yang sudah melalui proses optimasi.

TABEL 4. 2  
(Hasil Simulasi Tanpa Objek.)

Hasil Simulasi tanpa objek				
No	Jenis	Frekuensi	VSWR	S <sub>11</sub>
1	Tanpa medium	2.5	1.090	-27.240



GAMBAR 4. 3  
(Grafik Return Loss Antena Simulasi Tanpa Objek.)



GAMBAR 4. 4  
(Grafik VSWR Antena Realisasi Tanpa Objek.)

3. Hasil Simulasi Antena dengan Objek

Untuk antena simulasi metode yang digunakan adalah dengan cara menambahkan material tambahan pada desain antena dan menambahkan parameter  $\epsilon$ . Kemudian parameter  $\epsilon$  pada simulasi diubah-ubah untuk melihat perubahan yang terjadi pada karakteristik antena seperti frekuensi, *vswr* dan

*return loss*. Pada antena simulasi material tambahan yang ditambahkan adalah dengan menggunakan *brick*.

Pada antena simulasi, parameter yang diperhatikan perubahannya adalah *vswr*, *return loss* dan pergeseran frekuensi. Hasil yang didapatkan dari antena simulasi kemudian dibandingkan dengan perubahan parameter pada antena realisasi.

TABEL 4. 3  
(Hasil Simulasi Antena CST.)

Hasil Simulasi Antena				
No	Jagung (j)	Frekuensi	VSWR	S <sub>11</sub>
1	3	2,39	7,761	-41,334
2	4	2,34	14,65	-53,49
3	5	2,307	22,56	-45,84
4	6	2,273	31,74	-40,44
5	7	2,242	42,22	-39,62
6	8	2,214	49,93	-40,02
7	9	2,189	61,25	-38,68
8	10	2,165	71,94	-39,77
9	11	2,144	77,03	-42,36
10	12	2,125	82,48	-43,38
11	13	2,106	88,56	-46,16
12	14	2,09	92,06	-40,91
13	15	2,073	92,30	-34,32
14	16	2,058	86,38	-29,28

B. Hasil Pengukuran Antena Realisasi

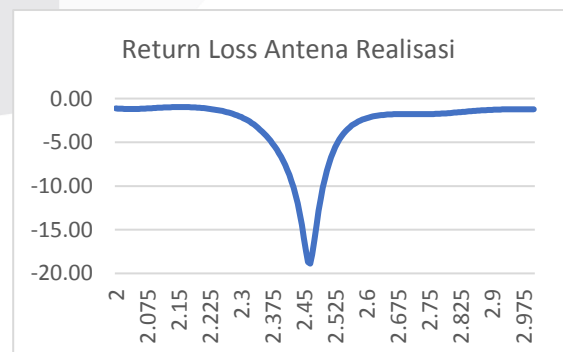
Pengukuran pada antena realisasi dengan sampel jagung dilakukan untuk mengamati perubahan parameter antena. Parameter yang diamati pada pengukuran ini adalah *vswr*, *return loss* dan frekuensi.

1. Hasil Pengukuran Antena Realisasi Tanpa Objek

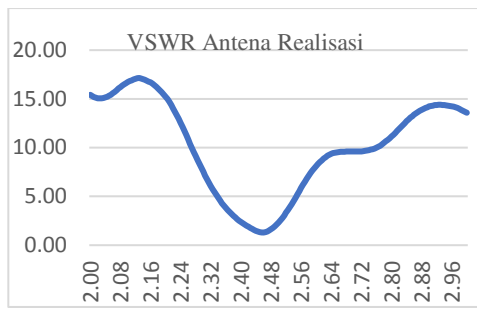
Hasil dari pengukuran antena realisasi tanpa menggunakan objek ini juga dapat dijadikan acuan untuk mengamati perubahan karakteristik antena saat melakukan pengukuran dengan menggunakan objek. Hasil dari pengukuran antena realisasi tanpa objek dapat dilihat pada Tabel 4.4.

TABEL 4. 4  
(Hasil Pengukuran Antena Realisasi.)

Hasil Pengukuran tanpa objek				
No	Jenis	Frekuensi	VSWR	S <sub>11</sub>
1	Tanpa medium	2.5	1.3025	-18.840



GAMBAR 4. 5  
(Grafik Return Loss Antena Realisasi Tanpa Objek.)



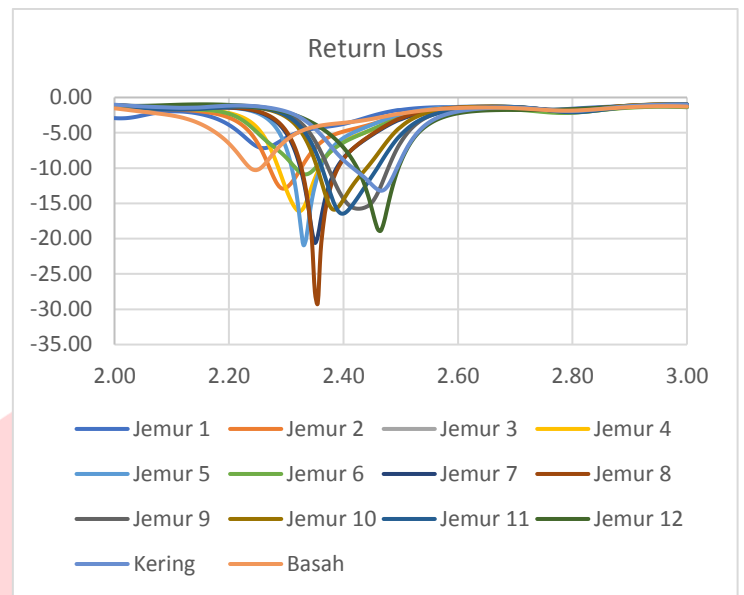
GAMBAR 4. 6  
(Grafik VSWR Antena Realisasi Tanpa Objek.)

2. Hasil Pengukuran Antena Realisasi dengan Objek  
Pengukuran antena realisasi dengan menggunakan objek dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik antena yang bisa diamati dari perubahan parameternya. Parameter yang diamati pada pengukuran antena realisasi dengan objek ini sama seperti pada pengukuran dengan simulasi yaitu *vswr*, *return loss*, dan frekuensi.

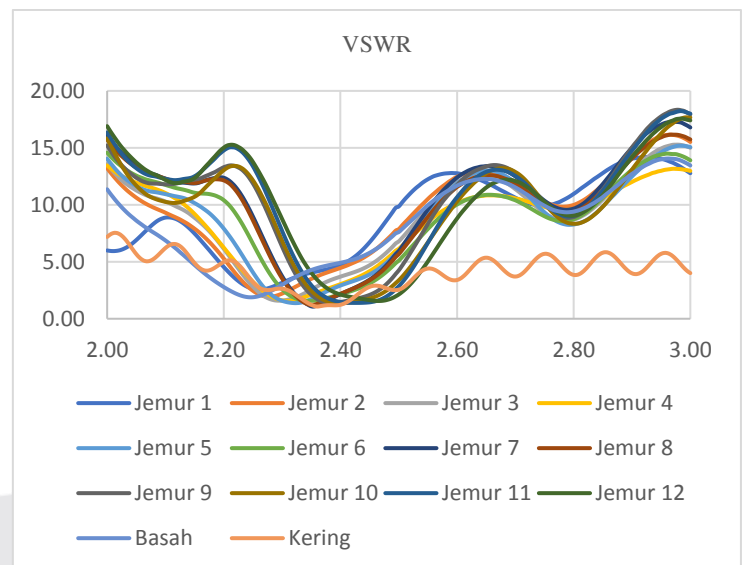
TABEL 4. 5  
(Hasil Pengukuran Antena Realisasi dengan Objek)

Hasil Pengukuran (sampel jagung)						
No	Jenis	Berat Jagung (gr)	Kadar Air (Gravimetri)	Frekuensi	VSWR	S <sub>11</sub>
1	Jagung Basah	34	100%	2,25	2,03	- 10,24
2	Penjemuran 1	33	69,69%	2,27	2,60	-7,18
3	Penjemuran 2	32	68,75%	2,295	2,106	- 12,92
4	Penjemuran 3	31	67,74%	2,30	4,040	- 12,04
5	Penjemuran 4	30	66,66%	2,32	1,636	- 16,07
6	Penjemuran 5	29	65,51%	2,330	1,394	- 20,90
7	Penjemuran 6	27	62,96%	2,335	1,613	- 10,88
8	Penjemuran 7	25	60%	2,350	1,087	- 20,59
9	Penjemuran 8	24	58,33%	2,355	1,231	- 29,17
10	Penjemuran 9	23	56,52%	2,37	1,487	- 15,74
11	Penjemuran 10	22	54,54%	2,44	1,638	- 10,04
12	Penjemuran 11	20	50%	2,46	1,536	-9,88
13	Penjemuran 12	19	47,36%	2,47	1,566	- 18,88

14	Jagung Kering	10	-	2,48	1,302	- 13,12
----	---------------	----	---	------	-------	---------



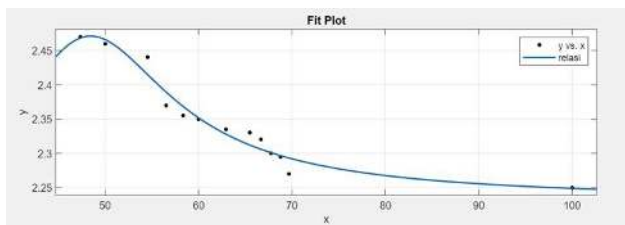
GAMBAR 4. 7  
(Grafik Return Loss Antena Realisasi.)



GAMBAR 4. 8  
(Grafik VSWR Antena Realisasi.)

Berdasarkan data pada tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa parameter yang relevan untuk digunakan sebagai konsep pengukuran antena sebagai sensor adalah parameter frekuensi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai parameter frekuensi yang berubah semakin mendekati nilai frekuensi awal apabila sampel jagung yang diukur mempunyai kadar air yang sedikit.

Sampel jagung yang memiliki kadar air berbeda-beda dapat mempengaruhi bahan dielektrik yang membuat nilai parameter antena menjadi berubah juga disebabkan adanya perubahan koefisien refleksi pada bahan dielektrik yang menyebabkan perubahan pada nilai parameter.



GAMBAR 4.9  
(Grafik Relasi Kadar Air dan Frekuensi.)

Grafik relasi antara kadar air dengan frekuensi dapat dilihat seperti pada gambar 4.9. Berdasarkan dari grafik diatas kemudian didapatkan persamaan (2.6). Grafik diatas dibuat dengan menggunakan metode *curve fitting* pada *Matlab*.

Data yang digunakan untuk perumusan ini adalah hasil pengukuran antenna realisasi. Kadar air (gravimetri) sebagai variabel  $x$ , sementara untuk frekuensi menjadi variabel  $y$ . Dengan memasukan data dengan metode *curve fitting* Matlab maka akan didapatkan persamaan (2.5) dengan nilai  $p1, p2, p3, q1$  dan  $q2$  sebagai berikut:

- $p1 = 2,28$ .
- $p2 = -209,3$ .
- $p3 = 5173$ .
- $q1 = -94,2$ .
- $q2 = 2324$ .

Persamaan yang didapat dari metode *curve fitting* dengan menggunakan *Matlab* ini adalah persamaan fungsi rasional dengan nilai *Sum Square of Error* (SSE) sebesar 0,002347, nilai *R-square* 0,9599, dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,01713. Dengan nilai *Sum Square of Error* yang mendekati nol maka persamaan yang didapat merupakan persamaan yang bisa dibilang akurat. Untuk menguji kembali persamaan yang didapat, maka persamaan diuji dengan menggunakan sampel bebas. Sampel bebas yang digunakan disini adalah beras.

TABEL 4. 6  
(Keakuratan Persamaan.)

Sampel Bebas	Frekuensi	Persamaan	Gravimetri	Keakuratan
Basah	2,33	0,47	0,60	78,3%
Kering 1	2,4	0,40	0,56	71,4%
Kering 2	2,44	0,36	0,54	66%

## V. KESIMPULAN

Pada tugas akhir ini dilakukan pengukuran antenna simulasi dan antenna realisasi, hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil antara simulasi dan hasil pengukuran antenna realisasi. Untuk membandingkan antara hasil simulasi dan realisasi dilakukan dengan melihat perubahan parameter antenna seperti *vswr*, *return loss*, dan pergeseran frekuensi.

Mekanisme kerja antenna mikrostrip sebagai sensor kadar air pada jagung ini adalah dengan cara meletakkan sampel jagung pada penampang antenna kemudian dilakukan pengukuran perubahan pada parameter antenna menggunakan VNA yang sudah dihubungkan dengan menggunakan kabel *coaxial*. Setelah didapatkan data dari pengukuran selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui kadar air pada

jagung dengan menggunakan metode pembandingnya metode gravimetri.

Hasil pengukuran antenna realisasi menggunakan VNA dan dengan metode pembanding gravimetri digunakan untuk mengetahui estimasi jumlah kadar air yang terkandung pada sampel jagung yang diukur. Dari hasil yang didapatkan pada simulasi dan realisasi, ketika kadar air pada sampel jagung semakin banyak atau tinggi maka nilai frekuensi akan semakin bergeser ke kiri menjauhi frekuensi awalnya yaitu 2,5 GHz.

Dengan hasil yang didapatkan dari simulasi dan pengukuran antenna realisasi dapat disimpulkan bahwa antenna mikrostrip yang dirancang dapat mendeteksi kadar air pada sampel jagung yang diukur. Hal ini terbukti dengan karakteristik antenna yang berubah pada setiap pengukuran dengan sampel jagung dengan kadar air yang berbeda. Dengan menggunakan metode persamaan *curve fitting* persamaan yang didapat adalah persamaan rasional dengan nilai *Sum Square of Error* (SSE) sebesar 0,002347, nilai *R-Square* sebesar 0,9599, dan nilai *Root Mean Square* (RMSE) sebesar 0,01713.

Dikarenakan hanya dapat dilakukan dengan menggunakan sampel jagung dengan jumlah tertentu, pengukuran ini memiliki kekurangan dalam tingkat efisien. Hal ini disebabkan karena dimensi antenna yang kecil.

## REFERENSI

- Subhan Fahmi Nasution, Syahrul Humaidi. 2017. Perancangan Alat Ukur Kadar Air Pada Jagung (*Zea Mays L.*) dengan Menggunakan Sensor YL-69 dan Tampilan LCD Berbasis Arduino Uno. Repositori Universitas Sumatera Utara.
- Sunarti, D, Arnold Turang. 2017. Diakses pada <https://sulut.litbang.pertanian.go.id> pada 21 November 2021 pukul 20.17 WIB.A.
- A. H. Rambe, "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya," *JiTEKH*, vol. 01, no. I, pp. 86–92, 2012.N.
- Balanis, C. A. 1992. *Antenna theory: A review*. Proceedings of the IEEE, 80(1), 7-23.
- Tabrani. 1997. *Teknologi Pemrosesan, Pengemasan dan Penyimpanan Benih*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sugiarto, S. K., Mujahidin, I., & Setiawan, A. B. 2019. 2, 5 GHz Antena Mikrostrip Polarisasi Circular Model Patch Yin Yang untuk Wireless Sensor. *Jeecae (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng., Vol. 4, No. 2, Pp. 297–300*.
- Balanis, C. A. 2015. *Antenna theory: analysis and design*. John wiley & sons.
- Kishk, A. A. 2009. Fundamentals of antennas. In *Antennas for base stations in wireless communications* (Vol. 1, p. 13). The McGraw Hill Companies
- T. S. Bird, "Definition and Misuse of Return Loss [Report of the Transactions Editor-in-Chief]," in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 51, no. 2, pp. 166-167, April 2009, doi: 10.1109/MAP.2009.5162049.
- Warsito, T. and Suprpto, Y., 2018. Desain Dan Fabrikasi Antena Mikrostrip Meander-Line Pada



Frekuensi VHF (Very High Frequency) Untuk Komunikasi D2d. *APPROACH: Jurnal Teknologi Penerbangan*, 2(2), pp.29-34.

- [11] Nuryanti, N. (2018). Studi Kelayakan Kadar Air, Abu, Protein, dan Arsen (As) Pada Sayuran Di Pasar Sunter, Jakarta Utara, Sebagai Bahan Suplemen Makanan. *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal*, 3(1), 131-141.
- [12] Pratiwi, A. D., Arseno, D., & Pramudita, A. A. (2019). Metode Indetifikasi Rongga Pada Batang Kayu Dengan Menggunakan Ground Penetrating Radar (gpr). *eProceedings of Engineering*, 6(2).
- [13] Fraden J. 2004. *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*. Springer science & Business Media.

