

Perancangan Antena Mikrostrip Sebagai Sensor Pendeteksi Kadar Air pada Benih Tomat

^{1st}Ghehena Latipah Adha Sahara
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ghehenasahara@student.telkomuniversity.ac.id

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

adyapramudita@telkomuniversity.ac.id

^{3rd}Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pada Tugas Akhir ini akan menggunakan antena mikrostrip sebagai sensor deteksi kadar air pada benih tomat. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur pada benih tomat masih terbatas. Untuk penggunaan antena mikrostrip sebagai sensor deteksi kadar air pada benih juga masih belum banyak ditemukan. Selain itu, biasanya orang-orang hanya akan mengira-ngira kadar air pada benih tomat. Pada penelitian ini antena yang digunakan adalah antena mikrostrip patch rectangular yang bekerja pada frekuensi 3GHz. Teknik pencatutan yang digunakan adalah discrete port. Antena ini akan digunakan sebagai sensor deteksi kadar air pada benih tomat dalam kondisi basah, penjemuran 10 menit pertama hingga 12 dan kering. Metode yang digunakan adalah dengan memasukan benih tomat ke antena yang telah dibuat seperti penampang dan dihubungkan dengan VNA (Vector Network Analyzer). Kandungan air pada benih tomat dihitung terlebih dahulu menggunakan metode gravimetri. Hasil yang dicapai pada penelitian ini yaitu telah didapatkan antena yang bekerja pada frekuensi 3GHz dan telah berhasil membedakan antara benih basah dan benih kering. Dengan metode curve fitting persamaan yang didapat adalah persamaan polinomial dengan nilai Sum Square of Error (SSE) sebesar 0,01944, nilai R-Square sebesar 0,902, dan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,04647.

Kata Kunci—antena mikrostrip, sensor, benih tomat, discrete port.

I. PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) merupakan salah satu jenis buah yang bernilai ekonomi tinggi dan masih sangat memerlukan penanganan yang cukup serius, terutama dalam meningkatkan hasil serta kualitas buahnya. Buah tomat bermanfaat untuk berbagai hal. Salah satunya adalah untuk mencegah dan mengobati berbagai macam penyakit, seperti sariawan, mencegah kencing batu, dan bahkan menyembuhkan liver serta sakit pinggang [1]. Selain buah segar yang dapat dikonsumsi secara langsung, buah tomat juga biasanya digunakan untuk penyedap rasa dan berbagai masakan seperti sup, gado-gado, sambal dan dapat juga diolah menjadi jus. Berbagai macam manfaat tersebut dapat memberikan keuntungan bagi berbagai pihak, baik itu konsumen, produsen, dan masyarakat [2]. Standar kadar air pada benih tomat adalah maksimal 8%. Kadar air yang terlalu tinggi dapat berbahaya bagi embrio benih. Oleh karena itu,

dilakukan seleksi terlebih dahulu pada benih tomat agar kadar air sesuai dengan kadar air maksimum [3].

Ada beberapa cara untuk menyeleksi kadar air salah satu caranya yaitu menggunakan alat ukur kadar air. Namun kekurangan alat ukur ini adalah harganya yang relatif mahal dan penggunaannya dapat membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendeteksi kadar air pada benih tomat. Oleh sebab itu, dibuatlah alat yang lebih sederhana dibanding alat ukur kadar air tersebut. Salah satunya yaitu dengan menggunakan sensor yang ada pada antena mikrostrip sebagai salah satu sarana untuk deteksi kadar air pada benih tomat.

Pengukuran kandungan air pada benih tomat tamat dilakukan dengan metode gravimetri yaitu metode dengan pengukuran berat objek setelah pemisahan. Dalam artian disini adalah analisis perubahan berat sebelum benih tomat dijemur dan perubahan berat setelah benih tomat dijemur. Selain itu, untuk menganalisis digunakan juga metode simulasi dengan software diamati seperti *return loss*, *vswr*, dan pergeseran frekuensi. Perubahan karakteristik antena juga dapat dipengaruhi oleh objek-objek yang ada disekitar antena terutama apabila objek ditempelkan atau diletakkan pada *patch* antena.

II. KAJIAN TEORI

A. Benih Tomat

Bagusnya kualitas buah tomat adalah salah satunya ditentukan oleh penggunaan benih yang bermutu dan berkualitas. Kadar air sangat dominan pada benih pada saat proses penyimpanan pada suhu ruangan. Tingkat vigor awal pada benih benih tidak dapat dipertahankan dan benih yang disimpan akan selalu mengalami proses kemunduran mutunya secara kronologis selama penyimpanan. Kadar air yang terdapat pada benih tomat secara ideal adalah maksimal 8%. Pengecekan kadar air ini berguna untuk benih tomat Ketika akan ditanam agar kadar air tidak lebih dari 8%. Ada beberapa cara mengetahui kadar air pada benih tomat. Salah satunya yaitu pemanfaatan antena mikrostrip sebagai sensor yang dapat mendeteksi kadar air pada benih tomat.

B. Sensor

Sensor merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mengukur atau mendeteksi berbagai macam

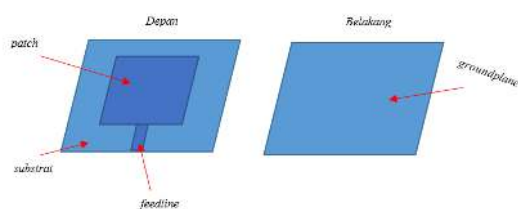
kondisi dengan mekanisme yang bervariasi [4]. Transducer dapat mengkonversi keluaran dari sensor kemudian mengubahnya menjadi sinyal yang kemudian dapat diukur.

C. Antena

Antena adalah komponen sistem yang dirancang untuk memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik. Antena adalah transduser elektromagnetik yang digunakan untuk mengubah, dalam mode transmisi, gelombang terpancu dalam saluran transmisi untuk memancarkan gelombang ruang bebas atau untuk mengubah, dalam menerima mode, gelombang ruang bebas ke gelombang terpancu.

D. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dianggap sebagai pilihan yang baik untuk perangkat telekomunikasi karena banyak keunggulan seperti fleksibel, *low profil*, kemudahan fabrikasi, dan biaya yang cukup terjangkau. Antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian, yaitu *patch*, *ground plane* dan seperti pada gambar 1.1.



GAMBAR 1.1
(Bagian Antena Mikrostrip)

Patch berada paling atas antena karena berfungsi untuk meradiasikan sinyal elektromagnetik. *Patch* ini biasanya terbuat dari konduktor seperti emas atau tembaga [5]. Dimensi pada *patch* antena dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [6].

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

Rumus 2.1 adalah rumus untuk menghitung lebar *patch*. c adalah kecepatan cahaya dengan nilai 3×10^8 m/s, F_0 adalah frekuensi kerja, dan ϵ_r adalah nilai konstanta dielektrik.

Panjang *patch* (L) sama dengan lebar *patch* (W) karena *rectangular* [7].

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

Groundplane merupakan salah satu bagian antena yang berada pada paling bawah antena. Terbuat dari konduktor. Serta ukurannya sama seperti substrat [8]. Untuk mencari lebar dan Panjang *groundplane*, perlu dilakukan perhitungan. Berikut rumus-rumus:

$$Wg = 6h + W \quad (2.3)$$

$$Lg = 6h + L \quad (2.4)$$

Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan [8]. Pengaruh

ketebalan substrat terhadap parameter antena adalah *bandwidth*.

E. Parameter Antena

a. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri maksimum dengan minimum [9]. Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan dan tegangan yang direfleksikan.

b. Return Loss

Return Loss merupakan ukuran efektivitas pengiriman suatu daya dari saluran transmisi ke suatu beban, contohnya antena [10]. *Return loss* juga dapat diartikan sebagai rugi-rugi transfer daya yang disebabkan akibat dari transfer daya yang dipantulkan kembali sebagian oleh beban. Return Loss yang baik bernilai ≤ -10 dB.

$$\text{Return Loss} = -20 \text{ Log } \Gamma \quad (2.5)$$

F. Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan untuk menganalisis pada penelitian ini adalah dengan Metode Gravimetri, Simulasi *Software*, dan mengamati perubahan karakteristik antena pada realisasi antena mikrostrip dengan menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Metode gravimetri merupakan metode dengan cara mengukur berat benih tomat sebelum dijemur pada panas matahari dan berat benih tomat setelah dijemur pada panas matahari [6]. Untuk menghitung dengan metode gravimetri adalah dengan rumus [11]:

$$\text{KadarAir} = \frac{(\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir})}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \quad (2.6)$$

G. Metode untuk Curve Fitting

Metode untuk *curve fitting* adalah dengan membuat grafik dari hubungan antara dua variabel yang saling berelasi. Metode ini menggunakan aplikasi *Matlab* yaitu dengan cara menambahkan atau memberi variabel hubungan pada salah satu *tools* yang ada pada *Matlab* untuk *curve fitting*. Variabel yang saling berhubungan adalah pergeseran frekuensi dan kadar air yang sudah dihitung menggunakan metode gravimetri. Persamaan yang didapat adalah sebagai berikut.

$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d \quad (2.7)$$

H. VNA (Vector Network Analyzer)

Vector Network Analyzer adalah alat ukur yang mengukur parameter jaringan listrik. *Vector Network Analyzer* juga dapat disebut sebagai pengukur suatu fasa gain atau penganalisis jaringan [12]. Analisa jaringan biasanya mengukur S-parameter karena refleksi dan transmisi jaringan listrik mudah diukur pada frekuensi tinggi. S-parameter digunakan untuk menggambarkan *vswr*, impedansi, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, polarisasi, pola radiasi, dan koefisien pantul.

I. Pengaruh Objek Pada Antena

Penempatan objek pada antena dapat mempengaruhi parameter pada antena. Objek yang digunakan pada tugas akhir ini adalah benih tomat. Benih tomat akan diletakan pada antena mikrostrip pada setiap proses lamanya pengeringan.

J. Teknik Pencatuan

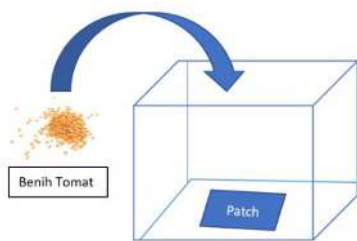
Teknik pencatuan antena adalah teknik untuk menghubungkan gelombang elektromagnetik ke sistem

yang ada pada antenna. Ada dua tipe teknik pencatutan yaitu pencatutan langsung (*excited directly*) dan pencatutan tidak langsung (*excited indirectly*) [13]. Teknik pencatutan yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *discrete port*. *Discrete port* memiliki dua pin beda potensial yang menghubungkan antara *patch* dan *groundplane* pada suatu titik tertentu.

III. METODE

A. Desain Antena

Terdapat dua perancangan sistem pada tugas akhir ini yaitu perancangan antenna simulasi dan perancangan antenna realisasi. Parameter-parameter yang akan dianalisis pada tugas akhir ini adalah *return loss*, *vswr*, dan pergeseran frekuensi yang terjadi ketika objek atau benih tomat diletakan pada antenna. Antena yang telah dibuat seperti desain dengan spesifikasi antenna yang sudah tepat maka dapat digunakan untuk pengukuran dan pengambilan data. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan langsung benih tomat sesuai kondisi kadar air diatas *patch* antenanya langsung. Gambar ilustrasi proses pengambilan data pada antenna realisasi dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



GAMBAR 3.1 (Ilustrasi Antena).

B. Langkah Perancangan

Pada tugas akhir ini dilakukan simulasi terlebih dahulu menggunakan *software* sebelum dilakukan fabrikasi untuk antenna realisasi. Perancangan antenna pada simulasi dilakukan untuk meminimalisir kesalahan saat proses fabrikasi. Setelah mendapatkan spesifikasi yang sesuai maka dilakukan fabrikasi, Langkah dalam perancangan antenna realisasi sampai antenna realisasi adalah sebagai berikut.

1. Spesifikasi antenna yaitu frekuensi 3 GHz, Return loss ≤ 10 dB dan *vswr* ≤ 2 .
2. Menentukan jenis antenna. Antena yang digunakan adalah antenna mikrostrip *patch* rectangular.
3. Menentukan jenis substrat yaitu dengan bahan FR-4 Lossy dan $h = 1,6$ mm.
4. Melakukan perhitungan dimensi antenna untuk desain antenna.
5. Merancang antenna pada *software*.
6. Fabrikasi atau pencetakan antenna kemudian dilanjutkan pengukuran antenna.
7. Apabila sudah sesuai maka antenna sudah dapat digunakan.

Setelah dilakukan perancangan dimensi antenna, maka tahap selanjutnya adalah menganalisis

perubahan-perubahan parameter antenna. Parameter utama yang diperhatikan yaitu *return loss*, *vswr*, dan pergeseran frekuensi.

C. Spesifikasi Antena

Berdasarkan spesifikasi antenna yang ditentukan, selanjutnya dirancang antenna mikrostrip *patch* segi empat untuk sebagai sensor pendeteksi kadar air pada benih tomat. Spesifikasi antenna mikrostrip yang dirancang adalah seperti pada tabel 3.1 sebagai berikut.

TABEL 3.1 (Spesifikasi Antena.)

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Frekuensi kerja	3 GHz
2.	VSWR	≤ 2 dB
3.	Return Loss	≤ -10 dB

D. Dimensi Antena

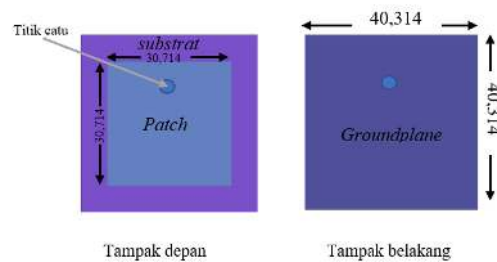
Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, dimensi antenna yang dapat digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

TABEL 3.2 (Spesifikasi dan Dimensi Antena.)

No.	Keterangan	Parameter	mm
1.	Tebal dielektrik	t	0,035
2.	Tebal substrat	h	1,6
3.	Konstanta dielektrik substrat (FR-4)	ϵ_r	4,3
4.	Lebar <i>Patch</i>	W	30,714
5.	Panjang <i>Patch</i>	L	30,714
6.	Lebar <i>groundplane</i> dan substrat	W_g	40,314
7.	Panjang <i>groundplane</i> dan substrat	L_g	40,314

E. Simulasi Antena Mikrostrip

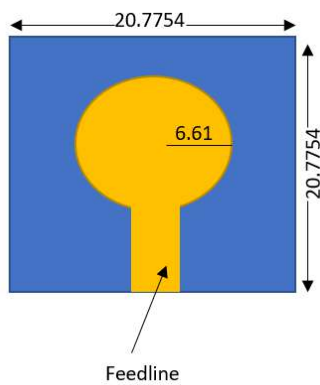
Antena dirancang pada *software* simulasi sesuai hasil perhitungan, didapatkan rancangan simulasi setelah dioptimasi seperti gambar 3.2.



GAMBAR 3.2 (Antena Mikrostrip Simulasi)

F. Perbandingan Simulasi dengan Patch Circular

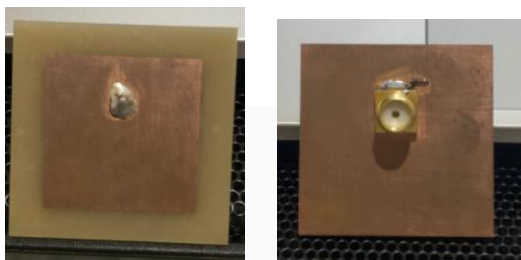
Perbandingan simulasi dengan *patch circular* dilakukan untuk membandingkan kinerja antenna *patch* rectangular dan *patch* circular. Kedua antenna memiliki persamaan konsep yaitu dapat menjadi sensor. Pemilihan *patch rectangular* dengan catuan dibawah antenna lebih mudah digunakan untuk pengukuran karena benih tomat yang diletakan diatas antenna. Hasil desain antenna simulasi *patch circular* dapat dilihat pada gambar 3.3. dibawah ini.



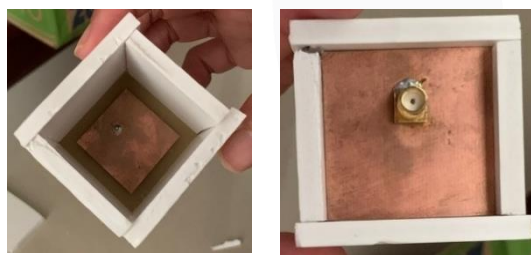
GAMBAR 3. 3
(Gambar Antena Patch Circular Simulasi.)

G. Fabrikasi Antena Mikrostrip Realisasi

Setelah mendapatkan hasil rancangan dari *software*, selanjutnya dilakukan pencetakan atau fabrikasi antena yang sudah dirancang dan dioptimasi. Pencetakan antena ini menggunakan jasa PCB (*Printed Circuit Board*). Hasil realisasi antena dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini. Pada gambar 3.5 merupakan gambar antena realisasi setelah dipasang PVC.



GAMBAR 3. 4
(Antena Mikrostrip Realisasi)



GAMBAR 3. 5
(Antena Mikrostrip Realisasi Setelah Diberi PVC.)

H. Pengukuran Parameter Antena Realisasi

Pengukuran parameter antena realisasi dilakukan untuk mengetahui nilai return loss, vswr dan frekuensi kerja yang sudah sesuai dengan antena simulasi. Alat yang digunakan untuk pengukuran ini adalah VNA (*Vector Network Analyzer*) dan kabel *coaxial*.

3.9. Pengukuran Antena Realisasi dengan Objek

Pengukuran antena realisasi dengan objek dilakukan untuk mengetahui perubahan parameter pada antena ketika diberi objek tambahan yaitu benih tomat. Objek benih tomat akan diletakan diatas patch antena sesuai dengan kondisi kadar air masing-masing disetiap pengukuran.

Pada tugas akhir ini memiliki beberapa tahap dalam perancangan antena mikrostrip yaitu dengan simulasi menggunakan *software* dan realisasi antena. Realisasi antena ini yaitu dengan melakukan pencetakan antena yang sudah dioptimasi dan siap untuk di cetak.

Mekanisme sensing yang dilakukan antena untuk kadar air pada objek benih tomat adalah ketika benih tomat diletakan pada *patch* antena, maka antena akan menerima sinyal dari objek yang diukur. Kemudian sinyal yang diterima diubah menjadi gelombang elektromagnetik yang kemudian ditampilkan bentuk gelombangnya itu pada VNA. Dengan kata lain, objek ditempelkan langsung pada antena.

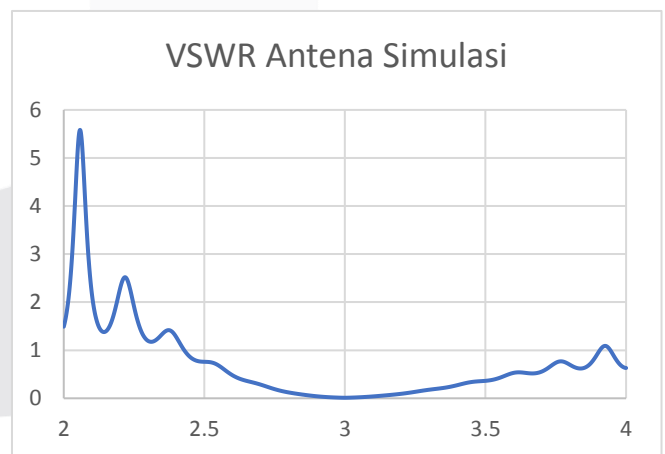
Perubahan nilai frekuensi juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik dari setiap kondisi benih tomat yang diukur.

A. Hasil Simulasi Antena Tanpa Objek

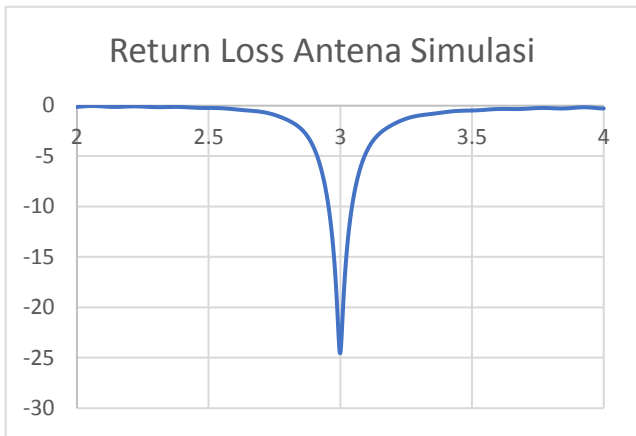
Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.1. Tabel 4.1 merupakan parameter antena yang didapatkan setelah dilakukan optimasi pada antena yaitu perubahan pada *patch*, substrat, dan *ground*. Grafik *vswr* dan *return loss* hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.

TABEL 4. 1
(Data Hasil Simulasi Antena pada *Software*)

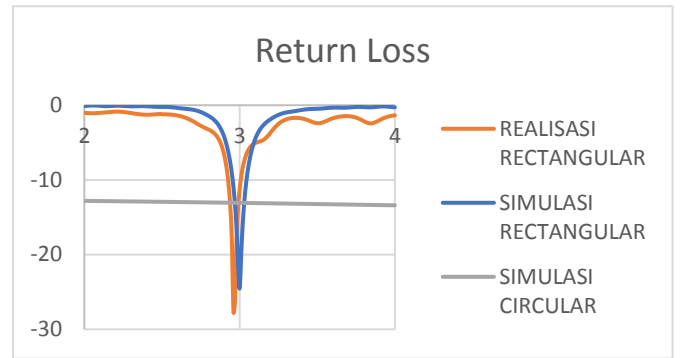
DATA HASIL SIMULASI				
No.	Jenis Simulasi	Freq (Ghz)	Return loss (S ₁₁) (3Ghz)	VSWR (3Ghz)
1.	Tanpa Objek	3	-25,984823	1.1057206



GAMBAR 4. 1
(Grafik VSWR Antena Simulasi.)



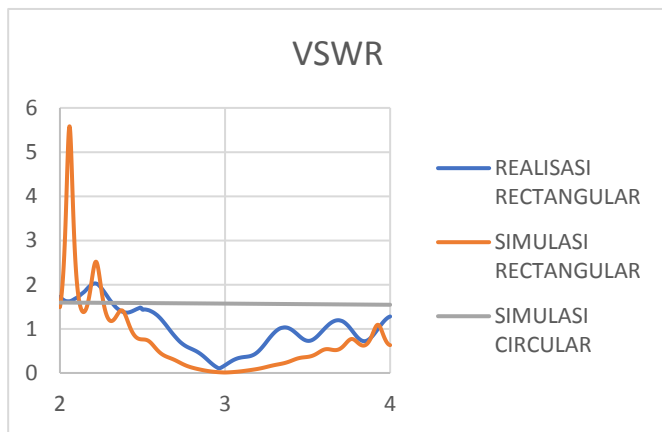
GAMBAR 4. 2
(Grafik Return Loss Antena Simulasi.)



GAMBAR 4. 4
(Grafik Return Loss Perbandingan Patch Rectangular dengan Patch Circular.)

B. Hasil Simulasi Perbandingan Dengan Patch Circular

TABEL 4. 2
(Data Hasil Simulasi Patch Circular.)



GAMBAR 4. 3
(Grafik VSWR Perbandingan Patch Rectangular dengan Patch Circular.)

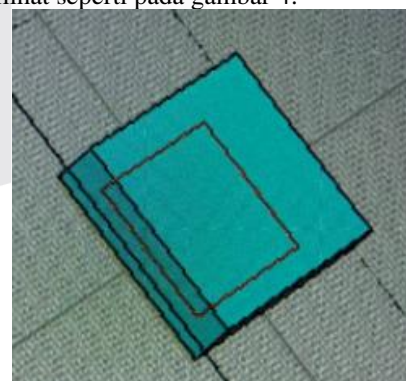
Dapat dilihat perbedaan antara hasil simulasi antena mikrostrip *patch rectangular* dengan *patch circular* yang ada pada gambar 4.3 dan 4.4. terlihat cukup signifikan perbedaan bentuk gelombang. *Patch rectangular* memiliki bentuk gelombang sinus sedangkan *patch circular* memiliki bentuk gelombang linier atau seperti garis lurus. Perbedaan juga terlihat pada nilai *return loss* dan *vswr*. Nilai *return loss* pada *patch rectangular* lebih kecil yaitu -25,984 dan pada *patch circular* lebih besar yaitu -13,07.

Pemilihan penggunaan *patch rectangular* pada tugas akhir ini adalah selain nilai parameter yang lebih baik, juga dengan *patch rectangular* pengambilan data lebih maksimal karena bentuknya yang kotak dan pencatunya yang ada dibawah antena. Sehingga lebih efisien karena objek yang akan diukur akan diletakkan diatas antena.

C. Hasil Simulasi Antena Dengan Objek

Setelah dilakukan optimasi dan mendapatkan hasil antena sesuai karakteristik yang diinginkan kemudian desain antena dapat digunakan sebagai sensor. Pada simulasi ini menggunakan komponen tambahan yaitu *brick*. Nilai epsilon pada *brick* diubah-ubah sesuai dengan yang diinginkan. Simulasi dengan menggunakan komponen tambahan *brick* dapat dilihat seperti pada gambar 4.

DATA HASIL SIMULASI				
No.	Jenis Simulasi	Freq (Ghz)	Return loss (S ₁₁) (3Ghz)	VSWR (3Ghz)
1.	Tanpa Objek	3	-13.072697	1.5707147



GAMBAR 4. 5
(Gambar Simulasi Dengan Tambahan Brick)

TABEL 4.3
(Simulasi Menggunakan Objek pada Antena Simulasi.)

Benih Tomat (ϵ) CST				
No.	Benih tomat (ϵ)	Freq (MHz)	VSWR (3GHz)	S ₁₁ (3GHz)
1.	3	2,8	8,2110	-2,1262
2.	4	2,7	15,3636	-1,1323
3.	5	2,7	22,4339	-0,7748
4.	6	2,6	31,5008	-0,5516
5.	7	2,6	38,3868	-0,4526
6.	8	2,5	47,0185	-0,3695
7.	9	2,5	58,2719	-0,2981
8.	10	2,53	63,3622	-0,2741
9.	11	2,504	69,1120	-0,2513
10.	12	2,478	68,7913	-0,2525
11.	13	2,454	63,7686	-0,2724
12.	14	2,43	53,5119	-0,324
13.	15	2,406	41,3093	-0,4206
14.	16	2,386	25,0613	-0,6935
15.	17	2,366	10,0797	-1,7291
16.	18	2,348	9,9675	-1,7487

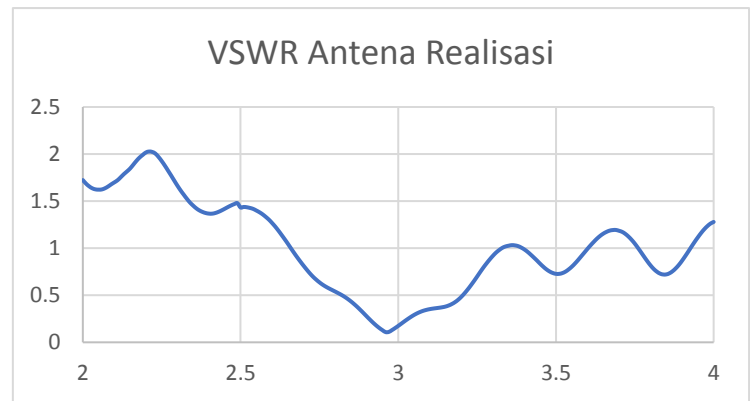
Pada tabel 4.3 dapat diperhatikan bahwa semakin besar perubahan nilai permitivitas maka nilai *vswr* dan *return loss* semakin besar dan frekuensi semakin bergeser kekiri menjauhi frekuensi awal. Kemudian untuk nilai *vswr* semakin besar, nilai *return loss* juga semakin besar, dan pergeseran frekuensi bergeser kekiri semakin kecil menjauhi frekuensi awal. Hasil yang disajikan pada tabel diatas dapat digunakan sebagai acuan dan pembanding dengan antena realisasi

D. Hasil Pengukuran Antena Realisasi Tanpa Objek

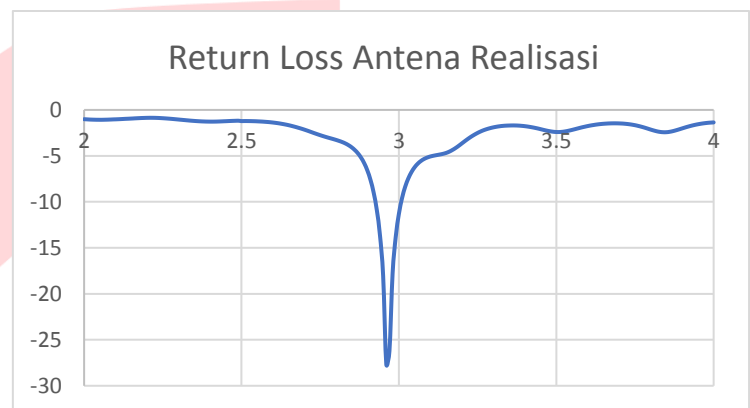
Setelah ilakukan pengukuran antena tanpa benih tomat maka dapat diperhatikan apakah nilai parameter serta *return loss*, *vswr*, dan frekuensi sudah sesuai dengan antena simulasi pada *software* simulasi seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini. Untuk grafik hasil *vswr* dan *return loss* dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11.

TABEL 4.4
(Data Hasil Pengukuran Antena Realisasi.)

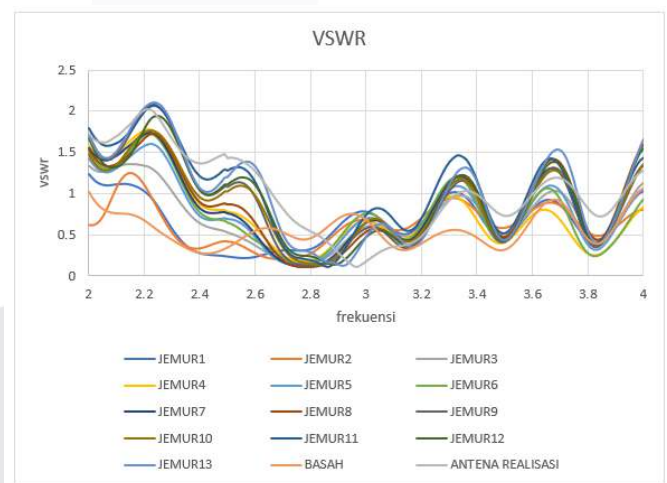
DATA HASIL SIMULASI				
No.	Jenis Simulasi	Freq (Ghz)	Return loss (S ₁₁) (3Ghz)	VSWR (3Ghz)
1.	Tanpa Objek	2,96	-27,212 dB	1.0914



GAMBAR 4.6
(Grafik VSWR Antena Realisasi.)



GAMBAR 4.7
(Grafik Return Loss Antena Realisasi.)



Seperti yang terlihat pada tabel 4.4, gambar grafik *vswr* 4.6 dan gambar grafik *return loss* 4.7 dapat diperhatikan bahwa antena realisasi dapat digunakan dan dilanjutkan untuk pengukuran dengan objek benih tomat karena *return loss* bernilai -21,212 dB dan *vswr* bernilai 1,0914. Kemudian untuk langkah selanjutnya, dilakukan pengukuran antena realisasi dengan objek benih tomat. Objek benih tomat yang akan diukur yaitu dalam kondisi basah, penjemuran 1 sampai penjemuran 12 dan kondisi kering untuk kemudian diperhatikan *return loss*, *vswr*, dan pergeseran frekuensi.

E. Hasil Pengukuran Antena Realisasi Dengan Objek

Untuk mengetahui kadar air pada benih tomat dilakukan dengan metode gravimetri yaitu dengan

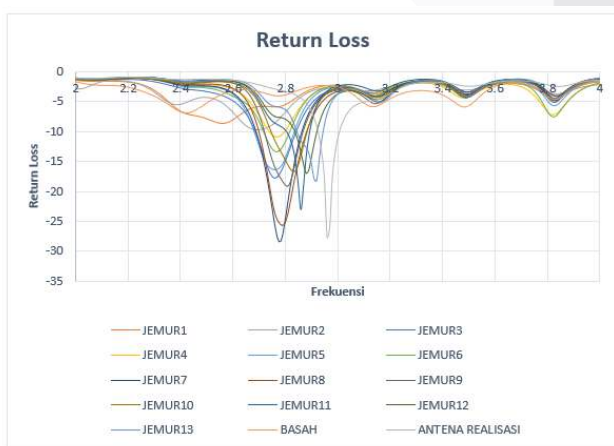
menghitung dari nilai berat benih sebelum dan sesudah dikeringkan. Metode untuk mengeringkan pada tugas akhir ini yaitu dengan cara dijemur dibawah sinar matahari setiap 10 menit. Setiap selesai dijemur kemudian ditimbang untuk mengetahui berapa banyak kadar air yang berkurang atau menguap.

Setelah dilakukan perhitungan dengan metode gravimetri, kemudian dilakukan pengukuran antenna realisasi dapat dilihat hasil pengukuran pada tabel 4.5 dibawah ini. Pada pengukuran antenna realisasi dengan benih tomat, parameter yang diperhatikan adalah pergeseran frekuensi, *return loss*, dan *vswr*. Hasil pengukuran pada tabel dibawah ini digunakan sebagai pembandingan pada hasil pengukuran simulasi dengan *software* simulasi.

Tabel 4. 5 Data Hasil Pengukuran Antena Realisasi Dengan Objek.

HASIL PENGUKURAN (BENIH TOMAT)						
No.	Jenis	Berat (gr)	Freq (GHz)	S ₁₁ (3GHz)	VSWR (3GHz)	Kadar Air (gravimetri)
1.	Benih Basah	67	2,42	-2,2	6,7433	100%
2.	Penjemuran 1	56	2,544	-2,2405	7,7966	66,07%
3.	Penjemuran 2	50	2,69	-2,6215	6,6767	62%
4.	Penjemuran 3	47	2,76	-2,9601	5,9252	59,5%
5.	Penjemuran 4	42	2,77	-2,5954	6,7430	54,76%
6.	Penjemuran 5	38	2,773	-2,504	6,9838	50%
7.	Penjemuran 6	36	2,78	-2,5446	6,8754	47,2%
8.	Penjemuran 7	34	2,787	-3,0822	5,6951	44,1%
9.	Penjemuran 8	32	2,79	-3,2425	5,4204	40,6%
10.	Penjemuran 9	29	2,81	-3,016	5,8175	34,4%
11.	Penjemuran 10	26	2,833	-2,6741	6,5474	26,9%
12.	Penjemuran 11	24	2,857	-2,3365	7,4797	20,8%
13.	Penjemuran 12	21	2,88	-3,7553	4,6977	9,5%
14.	Kering	19	2,91	-3,6823	4,788	-
15.	Tanpa Benih	-	2,94	-6,3394	2,8362	-

GAMBAR 4.8 (Grafik VSWR Antena Realisasi Dengan Objek)

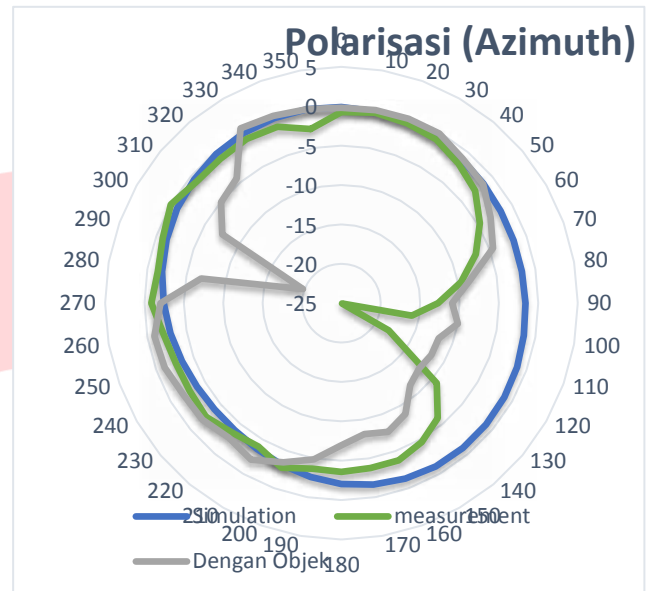


GAMBAR 4.9 (Grafik Return Loss Antena Realisasi Dengan Objek)

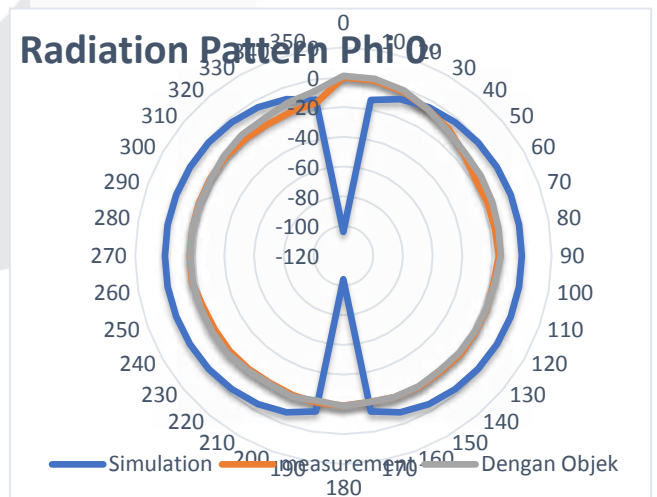
Berdasarkan hasil pengukuran dengan objek benih tomat, telah didapatkan data pengukuran pada tabel 4.5. Perubahan parameter yang paling berpengaruh pada pengukuran dengan objek benih tomat adalah pergeseran frekuensi.

F. Pola Radiasi dan Polarisasi Antena Simulasi dan Antena Realisasi

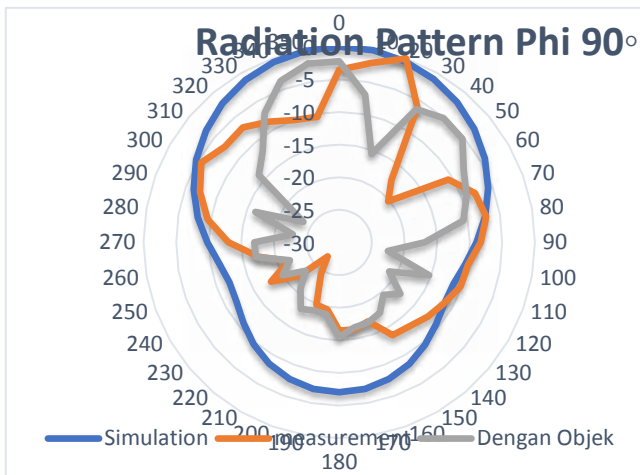
1. Pola Radiasi Antena Simulasi dan Antena Realisasi



Pola Radiasi mempresentasikan arah pancaran dari medan atau gelombang suatu antenna. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui arah pancaran dan besarnya pengarahannya suatu antenna. Grafik perbandingan pola radiasi azimuth dan elevasi untuk antenna simulasi dan antenna realisasi dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11.



GAMBAR 4.10
(Grafik Perbandingan Pola Radiasi Azimuth.)

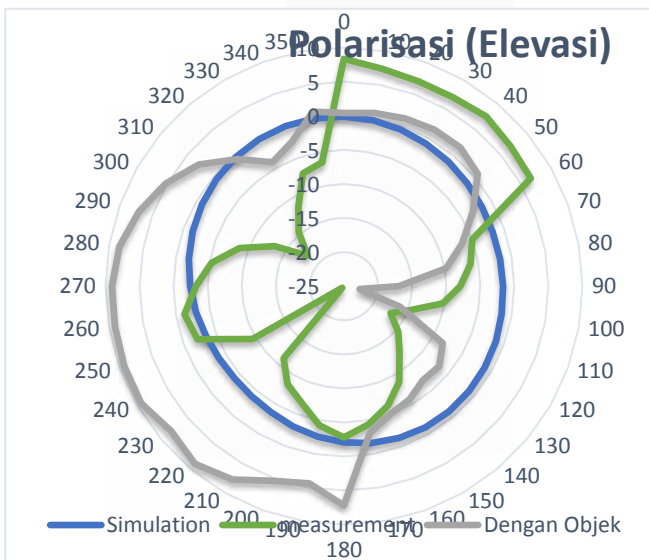


GAMBAR 4.11
(Grafik Perbandingan Pola Radiasi Elevasi.)

2. Polarisasi Antena Simulasi dan Antena Realisasi

Pengukuran polarisasi suatu antena bertujuan untuk mengetahui pola atau cara rambat medan atau gelombang dari antena pada media propagasi. Dari hasil pengukuran antena didapatkan daya terima maksimum adalah pada sudut 10° dan daya terima minimum adalah pada sudut 110°. Grafik perbandingan Polarisasi azimuth dan elevasi untuk antena simulasi dan realisasi dapat dilihat pada gambar 4.12 dan 4.13 dibawah ini.

GAMBAR 4.12
(Grafik Perbandingan Polarisasi Azimuth.)



GAMBAR 4.13
(Grafik Perbandingan Polarisasi Elevasi.)

Setelah didapatkan hasil pengukuran, kemudian diketahui daya terima maksimum dan daya terima minimum.

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -30.349 dBm = 9.227×10^{-7} watt

Daya terima minimum (sumbu minor) = -54.842 dBm = 3.279×10^{-9} watt

Tipe polarisasi antena dapat diketahui dengan menggunakan analisis rasio kuat medan elektrik.

Rasio kuat medan elektrik (numerik) = 16.909.

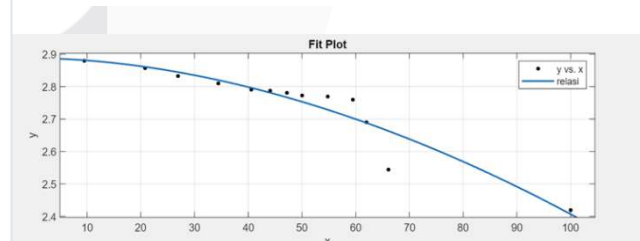
polarisasi linier axial rasio-nya adalah $1 < AR < \infty$, sedangkan axial rasio untuk polarisasi sirkular sama dengan 1 dan axial rasio untuk polarisasi linier sama dengan ∞ .

G. Parameter Yang Paling Berpengaruh

Berdasarkan data yang sudah diukur, pergerakan frekuensi merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap perubahan kondisi kadar air pada benih tomat.

TABEL 4. 6
(Parameter Yang Paling Berpengaruh.)

HASIL PENGUKURAN (BENIH TOMAT)					
No.	Jenis	Berat (gr)	Freq (GHz)	Selisih Pergeseran Frekuensi	Kadar Air (gravimetri)
1.	Benih Basah	67	2,42	0,124	100%
2.	Penjemuran 1	56	2,544	0,146	66,07%
3.	Penjemuran 2	50	2,69	0,07	62%
4.	Penjemuran 3	47	2,76	0,01	59,5%
5.	Penjemuran 4	42	2,77	0,003	54,76%
6.	Penjemuran 5	38	2,773	0,007	50%
7.	Penjemuran 6	36	2,78	0,007	47,2%
8.	Penjemuran 7	34	2,787	0,003	44,1%
9.	Penjemuran 8	32	2,79	0,02	40,6%
10.	Penjemuran 9	29	2,81	0,023	34,4%
11.	Penjemuran 10	26	2,833	0,024	26,9%
12.	Penjemuran 11	24	2,857	0,023	20,8%
13.	Penjemuran 12	21	2,88	0,03	9,5%
14.	Kering	19	2,91	0,03	-
15.	Tanpa Benih	-	2,94	-	-



GAMBAR 4.10
(Grafik Relasi Kadar Air Dengan Pergeseran Frekuensi.)

Persamaan yang didapat adalah persamaan polinomial dengan nilai *Sum Square of Error* (SSE) sebesar 0,01944, nilai *R-Square* sebesar 0,902, dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,04647. *Sum Square of Error* adalah untuk menentukan nilai *error* dari hubungan dua data. *R-Square* adalah angka yang mengindikasikan besarnya kombinasi variabel independen secara bersama-sama. *Root Mean Square Error* adalah besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, ketika nilai semakin mendekati nol maka prediksi akan semakin akurat. Nilai *Root Mean Square Error* 0,04647

merupakan nilai yang mendekati nol, artinya nilai tersebut baik dan akurat.

Berdasarkan persamaan yang sudah diperoleh, kemudian dilakukan pengujian ulang menggunakan sampel bebas untuk menguji keakuratan persamaan. Pengujian ulang ini menggunakan sampel bebas yang dihitung juga gravimetrinya kemudian dilakukan pengukuran dengan memperhatikan *vswr*, *return loss*, dan pergeseran frekuensinya. Hasil keakuratan dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

TABEL 4.7
(Keakuratan Persamaan)

N o.	Sam pel Bebas	Frekuensi	Persamaan	Gravimetri	Keakuratan
1.	Basah	2,502	0,33	0,44	75%
2.	Kering 1	2,65	0.19	0,39	48,7%
3.	Kering 2	2,75	0.09	0,28	36%
4.	Kering 3	2,77	0,07	0,14	50%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengukuran antara antenna simulasi dengan antenna realisasi. Untuk membandingkan apakah antenna realisasi mendapatkan hasil sesuai dengan antenna simulasi. Nilai-nilai yang digunakan untuk perbandingan pada tugas akhir ini adalah *return loss*, *vswr*, dan pergeseran frekuensi.

Berdasarkan hasil pengukuran, setiap kadar air pada benih tomat yang diukur mempengaruhi karakteristik dan parameter antenna. Semakin basah benih, semakin mempengaruhi parameter terutama pergeseran frekuensinya. Saat benih tomat dalam keadaan basah, frekuensi bergeser menjauhi frekuensi awal yaitu 3GHz. Perubahan atau pergeseran frekuensi ini disebabkan oleh nilai bahan dielektrik atau permitivitas dari benih tomat. Benih tomat memiliki kandungan air yang berbeda-beda maka mempengaruhi bahan dielektrik yang membuat karakteristik dan nilai parameter antenna menjadi berubah karena adanya perubahan koefisien pantul pada bahan dielektrik yang mempengaruhi perubahan pada parameter antenna.

Metode yang digunakan untuk mengetahui persamaan relasi diantara dua data yang berhubungan adalah *curve fitting*. Persamaan yang didapat adalah persamaan polinomial dengan nilai *Sum Square of Error* (SSE) sebesar 0,01944, nilai *R-Square* sebesar 0,902, dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,04647.

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, pada tugas akhir ini masih diperlukan penelitian yang jauh lebih mendalam lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan proses fabrikasi antenna dan penyolderan yang lebih teliti

agar performansi antenna menjadi lebih baik. Pada saat pengukuran, diharapkan dengan keadaan dan kondisi yang tepat dengan memperhatikan alat ukur yang digunakan agar benar-benar berfungsi.

REFERENSI

- [1] Rukmana, Rahmat. (1994). Bayam, Bertanam & Pengelolaan Pascapanen. Yogyakarta: Kanisius
- [2] Bambang Cahyono. (1998). Tomat Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Yogyakarta: Kanisius
- [3] Permentan. (2012). Pedoman teknis sertifikasi benih hortikultura. Peraturan Menteri Pertanian NOMOR 01/Kpts/SR.130/12/2012.
- [4] Marcella Astrid, Kanisius Karyono². (2018). "Konversi Timbangan Digital untuk Pengukuran Volume pada Aplikasi Wadah Pintar". Jurnal Sistem Komputer 2018, hal. 41.
- [5] Rahman, Abdel. (2005). "Design and Development of High Gain Wideband Microstrip Antena and DGS Filters Using Numerical Experimentation Approach". Disertasi, University of Magdeburg, Magdeburg, 2005.
- [6] Utami, Cahyani Nur, "Estimasi Kandungan Air pada Tanah Berbasis Perubahan Karakteristik Antena Mikrostrip", Laporan Tugas Akhir Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom, 2021.
- [7] A. Constantine Balanics, "Antena Theory Analysis and Design," 1982.
- [8] Rahman, Abdel. (2005). "Design and Development of High Gain Wideband Microstrip Antena and DGS Filters Using Numerical Experimentation Approach". Disertasi, University of Magdeburg, Magdeburg, 2005.
- [9] Kraus, Jhon D and Marhefka, Ronald J. (2003). "Antenas for All Application, New York.
- [10] Bird, Trevor. (2009). "Definition and Misuse of Return Loss", invited paper IEEE, hal. 166.
- [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. Erintafifah, "kmtech.id," 8 Oktober 2021. [Online].
- [12] Andini Dwi Pratiwi, Dharu Arseno, and Aloysius Adya Pramudita, "METODE IDENTIFIKASI RONGGA PADA BATANG KAYU DENGAN MENGGUNAKAN GROUND PENETRATING RADAR (GPR)," e-Proceeding of Engineering, vol. VI, p. 4238, 2019.
- [13] Sibarani, Parulian. "ANALISIS VSWR ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGI EMPAT DENGAN MODEL SALURAN TRANSMISI", Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara, 2012.