

ESTIMASI KANDUNGAN AIR PADA TANAH BERBASIS PERUBAHAN KARAKTERISTIK ANTENA MIKROSTRIP

SOIL WATER CONTENT ESTIMATION BASED ON CHANGING CHARACTERISTICS OF MICROSTRIP ANTENNA

Cahyani Nur Utami¹, Aloysius Adya Pramudita², Dharu Arseno³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹cahyanibpa@student.telkomuniversity.ac.id, ²pramuditaadya@telkomuniversity.co.id,

³darseno@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip adalah sebuah antena lempengan tipis yang dapat dipasang pada lempengan konduktor tipis. Antena mikrostrip memiliki karakteristik yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh karakteristik tanah dengan kandungan air tertentu. Antena mikrostrip yang dibuat pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui kandungan air pada tanah pertanian. Analisis yang dilakukan dengan cara simulasi numerik, eksperimen laboratorium, dan metode gravimetrik menjadi metode pembandingan untuk mengetahui kemampuan metode usulan. Gravimetrik adalah metode yang melakukan pengukuran perubahan berat tanah dalam keadaan basah dan tanah kering dengan melakukan pemanasan agar kadar air menghilang.

Dengan metode yang diusulkan dapat dilakukan dengan mengambil beberapa sampel tanah, kemudian dimasukkan ke antena yang telah dibuat seperti penampang yang dihubungkan ke VNA (*Vector Network Analyzer*) melalui kabel probe *coaxial*. Dengan mengetahui kandungan air sehingga dapat memperkecil terjadinya kegagalan panen.

Setelah dilakukan pengukuran maka hasil pengukuran dari sampel tanah dapat mengetahui banyaknya kandungan air pada sampel tanah tersebut, sehingga dapat mengetahui seberapa banyak tanah tersebut dapat menyerap air.

Kata Kunci: *Antena, mikrostrip, kandungan air, air tanah, gravimetrik.*

Abstract

The microstrip antenna is a thin plate antenna that can be attached to a thin conductor plate. Microstrip antenna has characteristics that can be used to analyze the effect of soil characteristics with a certain water content. The purpose of the microstrip antenna is to determine the water content of agricultural soil. Analyzes carried out by means of numerical simulations, laboratory experiments, and gravimetric methods are used as a comparison method to determine the ability of the proposed method. Gravimetric is a method that measures changes in soil weight in wet and dry soil by heating it so that the moisture content disappears.

With the proposed method, it can be done by taking some soil samples, then inserting them into the antenna that has been made such as a cross section that is connected to a VNA (*Vector Network Analyzer*) via a coaxial probe cable. By knowing the water content to minimize the occurrence of crop failures.

After the measurement is done, the measurement results from the soil sample can determine the amount of water content in the soil sample, so that you can find out how much the soil can absorb water.

Keywords: *Antenna, microstrip, water content, soil water, gravimetric.*

1. Pendahuluan

Kandungan air pada tanah merupakan salah satu hal penting pada pertanian. Kandungan air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cuaca atau iklim, suhu, jenis tanah, dan yang lainnya. Kadar air pada tanah merupakan karakteristik penting yang dapat dilihat dengan cara mendeteksi kandungan air menggunakan sensor gelombang [1]. Pemilihan tanah untuk pertanian merupakan suatu hal penting yang harus dilakukan untuk menyesuaikan tanah yang cocok pada tanaman agar bisa tumbuh secara maksimal [2].

Pada dunia pertanian terdapat beberapa tanaman yang pertumbuhannya tergantung pada kandungan air pada tanah sehingga sangat berpengaruh dengan hasil panen. Jika tanah terlalu banyak air atau resapan air tidak sesuai dengan jenis tanaman yang ditanam maka akan mempengaruhi hasil panen atau terjadinya gagal panen. Serta jika tanah terlalu kering untuk tanaman tertentu maka tanaman tersebut akan mengalami dehidrasi yang mengakibatkan tanaman tidak tumbuh secara maksimal dan bisa rusak. Pemilihan tanah sebelum melakukan penanaman

merupakan salah satu hal penting yang dilakukan dengan cara mengetahui kandungan air pada tanah tersebut agar dapat mencegah lebih awal untuk kemungkinan gagal panen.

Pengukuran kandungan air pada tanah dapat menggunakan metode gravimetrik. Metode gravimetrik adalah metode yang melakukan pengukuran perubahan berat tanah dalam keadaan basah dan tanah kering dengan melakukan pemanasan agar kadar air menghilang [3]. Pengukuran tersebut terdapat kelemahannya yaitu dalam hal efisiensi waktu karena jika lahan yang diuji luas maka harus dilakukan pengambilan sampel tanah yang banyak. Metode ini lebih efisien digunakan pada area yang tidak luas dikarenakan lebih sedikit dalam mengambil sampel tanah yang akan diuji.

Karakteristik antenna akan dipengaruhi oleh objek-objek disekitar antenna, terutama yang masih pada radius medan dekat antenna. Konsep ini kemudian digunakan sebagai dasar pengembangan sensor kandungan air pada tanah menggunakan antenna. Ketika antenna didekatkan atau disentuhkan pada tanah maka karakteristik antenna akan dipengaruhi oleh tanah tersebut dan mengalami perubahan karakteristik. Tanah dengan kandungan air yang berbeda kemudian akan menyebabkan pengaruh yang berbeda. Antena yang digunakan adalah antenna mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan lempengan tipis yang dipasang pada suatu lempengan konduktor tipis [4]. Antena mikrostrip dapat digunakan dengan melihat perubahan karakteristik antenna pada sampel tanah yang diuji, dengan perubahan karakteristik antenna yang ada maka dapat diketahui kadar air pada sampel tanah tersebut [1]. Antena mikrostrip memiliki susunan yang terdiri dari empat elemen, yang pertama elemen peradiasi (*patch*), kedua elemen substrat, ketiga elemen saluran pencatu, dan terakhir elemen pentanahan [4].

2. Konsep Dasar

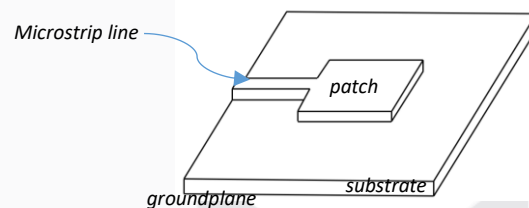
Pada bagian ini, akan dijelaskan konsep dasar dan tinjauan pustaka mengenai antenna mikrostrip, parameter antenna, pengaruh bahan di elektrik, metode gravimetrik.

2.1. Antena Mikrostrip

Antena merupakan suatu alat yang dapat merubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik untuk diradiasikan ke udara bebas. Sebaliknya antenna juga dapat menangkap gelombang elektromagnetik dari udara bebas untuk kemudian dijadikan besaran listrik kembali melalui saluran transmisi [6].

Pada saat proses transmisi, gelombang elektromagnetik akan ditransmisikan sepanjang jalur transmisi dan menyebar ke udara. Jalur transmisi ini dapat berupa kabel *coaxial*, terkadang juga ditambahkan dengan pipa untuk memperluas jalur transmisi dan dikenal sebagai gelombang terbimbing (*wave guide*) [6].

Dalam sebuah bentuk yang dasar, antenna mikrostrip terdiri dari bidang (*patch*) peradiasi yang memancar di salah satu pada sisi lapisan (*substrate*) dielektrik yang memiliki bidang dasar (*ground plane*) pada sisi lain [6]. Seperti ilustrasi struktur antenna mikrostrip yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Umum Antena Mikrostrip

Elemen *patch* peradiasi berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik. Elemen *substrate* berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna mikrostrip yang membatasi antara elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Bidang pentanahan (*ground plane*) berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antenna mikrostrip. Elemen pentanahan ini umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan elemen peradiasi yaitu berupa logam tembaga [4]. *Microstrip line* merupakan strip konduktor dengan lebar yang lebih kecil dibandingkan dengan *patch*.

Pada pengukuran kandungan air pada tanah menggunakan antenna mikrostrip metode tidak langsung. Pada dasarnya, metode tidak langsung tergantung pada pemantauan fisik tanah atau sifat fisika kimia tanah yang merupakan fungsi dari kadar air seperti permitivitas dielektrik tanah relatif yang merupakan bilangan kompleks yang terdiri dari bagian real dan bagian imajiner [7].

Salah satu yang paling mudah dan paling banyak digunakan dalam perancangan *patch* antenna adalah bentuk *patch* rektanguler. Karena ketebalan substrat jauh lebih tipis daripada panjang gelombang, maka *patch* rektanguler dianggap sebagai bidang planar dua dimensi untuk lebih memudahkan dalam analisa [4].

Dalam perancangan *patch rectangular*, W bisa diperbesar untuk menanggulangi radiasi dari tepi *patch*. Sedangkan L harus $< \lambda/2$, λ adalah panjang gelombang medium dielektrik [4]. Nilai lebar *patch* dapat diperoleh dengan persamaan 2.1 sebagai berikut.

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

λ_0 adalah panjang gelombang ruang hampa dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif *patch*. Nilai ϵ_{eff} dapat diperoleh dari persamaan 2.2 [4] berikut,

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right) \quad (2.2)$$

Untuk mencari panjang L dapat digunakan persamaan 2.3-2.5 [4] sebagai berikut,

$$\Delta L = 0.412 \times h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (2.3)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.4)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

Pada dimensi *groundplane* dan *substrate* menggunakan ukuran yang sama sehingga dapat menggunakan persamaan berikut.

$$W_{groundplane} = 6h + W_{patch} \quad (2.6)$$

$$L_{groundplane} = 6h + L_{patch} \quad (2.7)$$

Dengan h adalah tinggi dielektrik.

Dalam jenis teknik penyambung antara *microstrip line* dengan *patch* dapat menggunakan persamaan 2.8-2.9. *Microstrip line* dapat dicari nilai W_f atau lebar nya dengan parameter *static value* atau nilai B yang menggunakan persamaan 2.8 [6] berikut,

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.8)$$

Selanjutnya perlu menghitung lebar *microstrip line* (W_f) menggunakan persamaan 2.9 [6] sebagai berikut.

$$\frac{W_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] \quad (2.9)$$

2.2. Parameter Antena

Pada antena mikrostrip umum nya terdapat parameter antena, antara lain : *VSWR* (Voltage Standing Wave Ratio), *return loss*, *bandwidth*, impedansi, pola radiasi. Parameter yang digunakan untuk Tugas Akhir ini adalah *vswr* dan *return loss*.

- VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)**

VSWR adalah perbandingan antara ampiludo gelombang berdiri maksimum dengan minimum sehingga terjadinya pantulan gelombang yang disebut koefisien refleksi tegangan (Γ) [10].

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (2.10)$$

- Return Loss**

Return Loss (RL) adalah rugi-rugi pada transfer daya yang disebabkan karena adanya sebagian daya yang dipantulkan kembali oleh beban. *Return loss* dapat terjadi karena adanya ketidaksesuaian antara impedansi saluran transmisi dengan impedansi masukan beban [10]. *Return loss* berkaitan dengan besarnya nilai koefisien refleksi (Γ).

$$Return\ loss = -20 \log \Gamma \quad (2.11)$$

Return loss memiliki nilai yang baik kurang dari -10 dB.

- Bandwidth**

Bandwidth adalah jarak atau rentang frekuensi kerja antenna sesuai dengan beberapa karakteristik standar yang ditentukan. Pada jarak frekuensi tersebut, antenna diusahakan dapat bekerja dengan efektif agar dapat menerima memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu [11].

Bandwidth dapat dinyatakan dalam *narrowband* dan *broadband*. Jika antenna dalam narrowband (antenna yang memiliki bandwidth sempit) maka untuk mencari *bandwidth* dapat menggunakan rumus berikut.

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.12)$$

d. Impedansi

Impedansi adalah perbandingan antara tegangan dan arus listrik pada terminal antenna. [12].

e. Pola Radiasi

Pola Radiasi merupakan pola pancaran antenna didefinisikan sebagai fungsi matematika atau representasi grafis dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi koordinat arah [12].

2.3. Pengaruh Bahan Dielektrik

Pada *substrate* nilai konstanta dielektik dipengaruhi oleh ketebalan substrate. Substrate yang tipis memiliki konstanta dielektrik yang lebih tinggi sehingga membuat dimensinya lebih kecil dan bandwidth yang lebih sempit [13]. Kemudian bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada antenna ini adalah epoxy FR-4 dan udara.

Tanah sebagai suatu system yang dapat dimodelkan dengan sifat dielektrik. Tanah yang memiliki sifat dielektrik seperti konduktivitas, kapasitansi, dan impedansi listrik pada suatu media berpori bervariasi yang ditentukan oleh kadar air pada tanah [13]. Dengan tanah yang memiliki kandungan air berbeda maka mempengaruhi bahan dielektrik yang membuat nilai parameter antenna menjadi berubah-ubah dikarenakan ada nya perubahan koefisien refleksi pada bahan dielektrik yang menyebabkan perubahan nilai pada parameter.

2.4. Metode Gravimetrik

Metode gravimetrik merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kadar air tanah menggunakan timbangan dengan tingkat ketelitian dan kepekaan yang baik [3]. Prinsip pada pengukuran ini yaitu pengukuran kehilangan air dengan cara menimbang tanah sebelum dikeringkan dan sesudah dikeringkan agar kadar air menghilang [3]. Hasilnya dapat dinyatakan dalam presentase berat kering, berat basah atau terhadap volume. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ soil water} = (\text{berat awal} - \text{berat kering} / \text{kering}) \times 100\% \quad (2.13)$$

2.5 Estimasi Permittivitas Tanah

Permittivitas tanah ($\hat{\epsilon}_v$) adalah ukuran kemampuan dari suatu bahan untuk dapat meneruskan suatu medan listrik. Pada Tugas Akhir ini permittivitas tanah digunakan untuk melakukan estimasi kandungan air dalam tanah dengan perbandingan metode gravimetrik. Untuk estimasi permittivitas tanah maka terlebih mencari nilai koefisien pantul (Γ_a) dari nilai *vswr* seperti pada persamaan (2.10).

Selanjutnya mencari nilai impedansi instrinsik tanah Z_a dari nilai impedansi instrinsik udara Z_{air} dan nilai Γ_a yang telah diperoleh melalui persamaan

$$Z_a = \frac{Z_{air} (\Gamma_a + 1)}{1 - \Gamma_a} \quad (2.14)$$

Setelah mendapatkan nilai impedansi tanah Z_a maka dapat mencari nilai permittivitas dari tanah dengan menggunakan persamaan

$$\hat{\epsilon}_v = \frac{\mu}{(Z_a)^2} \quad (2.15)$$

2.6 Top Equation

Top Equation adalah model persamaan yang diajukan oleh Topp G.

Pada pengukuran estimasi kandungan air pada simulasi maka dapat di tentukan dengan permittivitas tanah seperti pada persamaan 2.16 berikut [14].

$$\hat{m}_v = -7.20 \cdot 10^{-2} + 4.93 \cdot 10^{-2} \cdot (\hat{\epsilon}_v) - 3.10 \cdot 10^{-3} \cdot (\hat{\epsilon}_v)^2 + 7.85 \cdot 10^{-5} \cdot (\hat{\epsilon}_v)^3 \quad (2.16)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Desain Antena

Pada perancangan antenna mikrostrip dengan metode sensor antenna mikrostrip yang dilihat dari perubahan parameter pada antenna yaitu *return loss* dan *vswr* serta frekuensi maksimum untuk membandingkan kandungan

air yang berbeda. Tahap pertama adalah menentukan spesifikasi antenna simulasi dan menghitung dimensi antenna. Tahap kedua yaitu perancangan pada *software*. Ketiga pencetakan antenna. Tahap terakhir adalah pencatutan secara langsung dengan probe coaxial yang di hubungkan ke VNA.

Antena yang telah di buat seperti desain dengan spesifikasi antenna yang tepat maka dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kandungan air pada tanah. Dengan cara tanah dimasukan kedalam antenna penampang kemudian dilakukan pengukuran perubahan pada parameter antenna menggunakan VNA yang di hubungkan dengan kabel probe coaxial. VNA (*Vector Network Analyzer*) merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur parameter antenna. Setelah dilakukan pengukuran dan pencatatan data makan tanah tersebut kemudian di lakukan estimasi kandungan air menggunakan metode gravimetri.

3.2 Langkah Perancangan

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi antenna terlebih dahulu menggunakan *software* simulator sebelum melakukan realisasi antenna untuk mendapatkan spesifikasi antenna yang sesuai. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir kesalahan saat fabrikasi. Setelah mendapatkan spesifikasi yang sesuai maka dapat digunakan untuk melakukan pengukuran pada simulasi *software* serta pengukuran menggunakan realisasi antenna.

Langkah dalam perancangan antenna saat simulasi hingga realisasi dapat dilihat sebagai berikut :

1. Spesifikasi untuk antenna yaitu frekuensi 2.5 GHz, $S_{11} \leq -10\text{dB}$ dan $VSWR \leq 2$ mendekati 1.
2. Menentukan jenis antenna, antenna mikrostrip yang digunakan yaitu antenna mikrostrip patch rectangular.
3. Menentukan jenis substrate yaitu dengan bahan FR-4 $\epsilon_r = 4.3$ dan $h = 1.6$ mm.
4. Melakukan perhitungan dimensi antenna.
5. Merancang antenna pada *software* simulator.
6. Realisasi antenna dan pengukuran antenna.
7. Jika sudah sesuai maka antenna dapat digunakan.

Setelah merancang dimensi antenna, maka tahap selanjutnya yaitu menganalisis parameter hasil antenna. Parameter utama yang akan diperhatikan yaitu nilai *return loss* dan *vswr* pada frekuensi kerja 2,5 GHz. Parameter *return loss* diperhatikan untuk mengetahui seberapa besar kerugian daya akibat adanya daya yang dipantulkan kembali oleh antenna. Apabila nilai *return loss* ≤ -10 dB dan *vswr* nilai nya ≤ 2 mendekati 1 maka telah sesuai dengan spesifikasi antenna yang diinginkan.

3.3 Spesifikasi Antena

Sebelum pembuatan antenna, maka perlu ditentukan spesifikasi antenna yang diinginkan. Antena mikrostrip yang di rancang dan di realisasikan menggunakan spesifikasi pada Tabel 3.1 menunjukkan beberapa spesifikasi antenna mikrostrip pada Tugas Akhir ini.

Tabel 3.1 Karakteristik antenna yang diharapkan

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

Adapun pada Tabel 3.2 merupakan spesifikasi jenis bahan yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, dimana struktur antenna mikrostrip terdiri dari *patch* pada lapisan paling atas, selanjutnya bahan dielektrik (substrat) pada bagian bawah *patch*, dan lapisan paling bawah yaitu *groundplane*. Jenis substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm karena menyesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada untuk direalisasikan.

Tabel 3.2 Spesifikasi bahan antenna

Parameter	Spesifikasi
Jenis <i>patch</i>	Persegi empat
Jenis substrat	FR-4
Permivitas relative (ϵ_r)	4,3
Tebal substrat (h)	1,6 mm

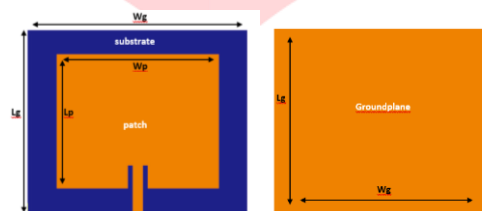
3.4 Dimensi Antena

Tabel 3.3 Dimensi awal antenna

No.	Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
1.	W	36,857	Lebar sisi <i>patch</i>
2.	L	28.748	Panjang sisi <i>patch</i>
3.	W_g	46.457	Lebar substrate dan groundplane
4.	L_g	38.348	Panjang substrate dan groundplane
5.	h	1,6	Tebal substrat
6.	W_f	2,82	Lebar <i>microstrip line</i>

3.5 Simulasi Antena

Pada simulasi antena di rancang sesuai dari hasil perhitungan, maka akan mendapatkan rancangan simulasi yang telah di optimasi seperti pada gambar 3.2 Dimana bagian warna oranye merupakan komponen dengan bahan tembaga dan pada bagian warna biru merupakan komponen dengan bahan FR-4.

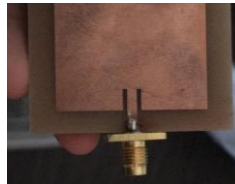


(a) Tampak depan (b) Tampak Belakang

Gambar 3.2 Desain awal antena *microstrip*.

3.6 Simulasi Antena

Setelah mendapatkan hasil simulasi antena pada *software*, maka selanjutnya melakukan pencetakan antena berdasarkan hasil dari optimasi antena pada simulasi. Pencetakan antena dilakukan pada jasa percetakan *Printed Circuit Board* (PCB). Hasil realisasi antena terlihat pada Gambar 3.3 dimana antena sudah dipasang dengan konektor SMA *female*.



Gambar 3.3 Antena *microstrip* dimensi awal.

3.7 Pengukuran Parameter Antena

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

Pengukuran antena dengan medium dilakukan untuk perbandingan antara hasil pada simulasi *software* dengan antena realisasi. Perbandingan tersebut untuk melihat pengaruh kandungan air terhadap parameter antena.

3.8 Pengukuran Kandungan Air

Pengukuran kandungan air pada tanah dilakukan dengan metode gravimetrik, yang bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan air tanah dalam persentase. Dilakukan untuk menjadi metode perbandingan dari pengukuran media tanah menggunakan antena. Metode gravimetri membutuhkan beberapa alat seperti, timbangan, kompor, dan panci. Dilakukan dengan cara memanaskan tanah menggunakan kompor.

Setelah dilakukan pemanasan maka akan di timbang, pengukuran berat dilakukan untuk mengetahui kadar air yang hilang untuk mengetahui jumlah kadar air dalam tanah tersebut. Perhitungan untuk mendapatkan persentasi air dapat menggunakan persamaan (2.13).

4. Hasil dan Analisis

Pada tugas akhir ini memiliki dua tahap dalam merancang antenna mikrotrip, yaitu simulasi antenna pada *software* dan kemudian merealisasikan antenna dengan menggunakan metode perbandingan gravimetrik yang dijadikan perbandingan untuk mengetahui kemampuan metode usulan.

Pada antenna yang diperhatikan hanya parameter *return loss* dan *vswr* serta dengan melihat perubahan frekuensi kerjanya. Parameter *return loss* dan *vswr* nilainya dipengaruhi oleh konstanta dielektrik yang dimana ketika konstanta dielektrik berbeda atau berubah membuat nilai koefisien refleksi pada parameter *return loss* dan *vswr* mengalami perubahan nilai yang menyebabkan nilai parameter berubah sesuai konstanta dielektrik.

Perubahan nilai frekuensi kerja juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik yang dimana menyebabkan nilai pada parameter memiliki nilai minimum yang bergeser dari frekuensi awal. Dimana pada bahan dielektrik atau kandungan air pada tanah memiliki nilai konstanta dielektrik yang membuat perubahan pada nilai parameter *return loss* dan *vswr*.

4.1. Hasil Simulasi Antena

Table 4.1 Hasil Simulasi Antena

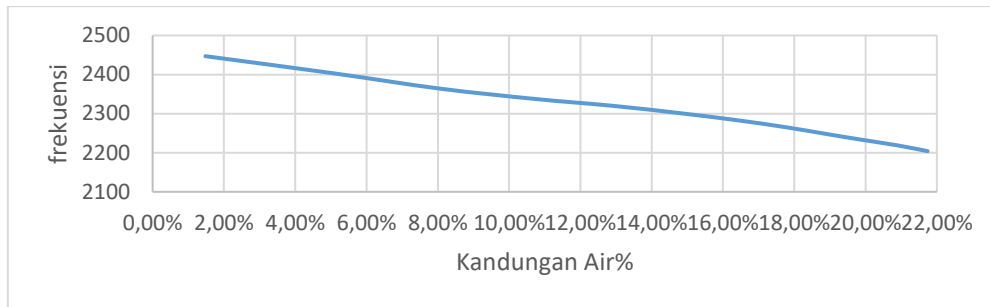
HASIL DATA SIMULASI				
No	Jenis	S11 (2,5GHz)	VSWR (2,5GHz)	Freq (GHz)
1	Tanpa medium	-25,7364	1,1089549	2,506

Hasil dari parameter tabel (4.1) merupakan optimasi antenna simulasi yang desainnya mengalami perubahan dimensi pada bagian *patch* untuk menyesuaikan dengan antenna realisasi yang memiliki nilai konstanta dielektrik pada substrate sebesar 4,1 dimana berbeda dengan perancangan sebelumnya yang sebesar 4,3.

Pada hasil optimasi antenna simulasi membuat ada sedikit perubahan dimensi pada *patch* dan *microstrip line*. Bagian *microstrip line* mengalami perubahan Panjang pada *inset feed* dan mengalami penambahan ukuran pada lebar *patch*.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran medium *Soil water*

SOIL WATER CST					
No	ϵ_r	Kandungan Air (\hat{m}_p)	Freq (MHz)	VSWR (2,5GHz)	S11 (2,5GHz)
1	13	21,74%	2204	6,5179	-2,6865
2	12	20,88%	2219	6,61406	-2,6468
3	11	20%	2233	6,64902	-2,6468
4	10	18,90%	2248	6,64264	-2,6352
5	9	17,78%	2265	6,6234	-2,643
6	8	16,41%	2283	6,35699	-2,7556
7	7	14,81%	2301	5,91079	-2,9675
8	6	12,91%	2320	5,57856	-3,148
9	5	10,68%	2338	5,10525	-3,4473
10	4	8,06%	2364	4,56814	-3,8654
11	3	5,01%	2404	3,39703	-5,2697
12	2	1,48%	2447	2,13889	-8,8059



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran medium *Soil water*.

4.2. Hasil Pengukuran Antena

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Antena realisasi

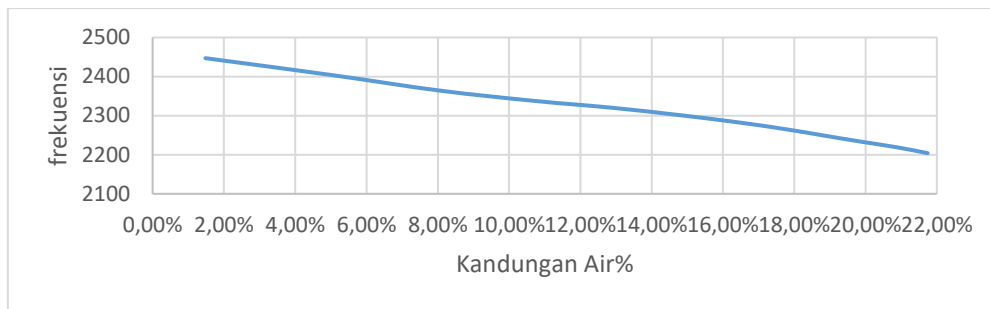
HASIL DATA ANTENA				
No	Jenis	S11 (2,5GHz)	VSWR (2,5GHz)	Freq (MHz)
1	Tanpa medium	-26,946	1,0941	2504,15

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Antena dan Kandungan Air Tanah

HASIL PENGUKURAN (tanah+air)						
No	Jenis	Berat Tanah (gr)	Gravimetrik	Freq (MHz)	VSWR (2,5GHz)	S11 (2,5GHz)
1	Tanah awal	138	18,97%	2270,408	5,42	-3,2422
2	pemanasan 1 mnt	135	16,38%	2344,221	4,4094	-4,0093
3	Pemanasan 2 mnt	130	12,07%	2354,221	3,3192	-5,4012
4	Pemanasan 3 mnt	126	8,62%	2380,584	3,2576	-5,5103
5	Pemanasan 4 mnt	123	6,03%	2393,673	2,9918	-6,0383
6	Pemanasan 5 mnt	120	3,45%	2411,49	2,5801	-7,1042
7	Pemanasan 6 mnt	118	1,72%	2425,49	2,2087	-8,4801
8	kering	116		2441,49	1,8741	-10,338
9	Tanpa Tanah	0		2504,15	1,0941	-26,946

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kandungan Air Tanah dengan VNA

Kondisi Tanah	$\hat{\epsilon}_v$	\hat{m}_v
Tanah awal	5,6	0,1273
pemanasan 1 mnt	3,86	0,0766
Pemanasan 2 mnt	2,91	0,0471
Pemanasan 3 mnt	2,87	0,0458
Pemanasan 4 mnt	2,68	0,0393
Pemanasan 5 mnt	2,37	0,0284
Pemanasan 6 mnt	2,04	0,0163



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Parameter Antena dan Kandungan Air Tanah.

4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Gravimetrik dan Hasil Pengukuran dengan Antena pada VNA

Tabel 4.6 Hasil Persentase Akurasi Antara VNA dengan Gravimetrik

Kondisi Tanah	VNA	gravimetrik	Persentase Akurasi
Tanah awal	0,1273	0,1897	67,17%
pemanasan 1 mnt	0,0766	0,1638	46,76%
Pemanasan 2 mnt	0,0471	0,1207	39,06%
Pemanasan 3 mnt	0,0458	0,0862	53,14%
Pemanasan 4 mnt	0,0393	0,0603	65,02%
Pemanasan 5 mnt	0,0284	0,0345	82,32%
Pemanasan 6 mnt	0,0163	0,0172	94,90%

5. Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengukuran antena simulasi dan pengukuran antena realisasi, untuk membandingkan hasil antara simulasi dan realisasi. Dengan melihat pergeseran parameter antena seperti *return loss* dan *vswr* serta perubahan frekuensi kerja.

Hasil pengukuran simulasi menggunakan medium *soil water* dengan nilai ϵ_r yang berbeda untuk melihat perubahan frekuensi kerja, *return loss* dan *vswr*. Dengan hasil yang dapat dilihat ketika nilai ϵ_r menurun atau persentase kandungan air menurun maka nilai frekuensi nya naik sehingga perubahan nilai ϵ_r berpengaruh terhadap perubahan karakteristik antena.

Hasil pengukuran antena realisasi menggunakan VNA dan metode pembandingan gravimetrik digunakan untuk mengetahui jumlah estimasi kadar air pada tanah yang diukur. Dari hasil yang didapat pada simulasi dan realisasi ketika kadar air pada tanah semakin banyak atau tinggi maka nilai frekuensi pada nilai minimum parameter akan semakin kecil menjauhi frekuensi kerja 2,5GHz.

Hasil pengukuran antena menggunakan VNA dengan tanah yang memiliki kadar air berbeda memiliki grafik yang sama sama menurun dengan grafik hasil simulasi, akan tetapi penurunan grafik memiliki hasil yang berbeda tidak seakurat seperti pada simulasi. Dengan hasil persentase akurasi antara pengukuran kandungan air menggunakan VNA dengan pembandingan metode gravimetrik maka mendapatkan nilai akurasi yang berbeda-beda, dimana dalam pengukuran menggunakan metode gravimetrik memiliki kekurangan dalam keakuratan dan ketelitian.

Pada pengukuran ini memiliki kekurangan dalam tingkat efisien dikarenakan hanya dapat dilakukan pengukuran sampel tanah dengan volume tertentu sehingga untuk tanah yang luas akan memakan banyak waktu menyebabkan tidak efisien. Kelemahan pada proses pengukuran ini antara lain dalam melakukan metode gravimetrik dimana tanah yang dikeringkan mudah tertiuip angin atau mengalami pengurangan disaat melakukan pemindahan untuk dilakukan pengukuran dengan VNA sehingga hasil nya kurang akurat.

6. REFERENSI

- [1] K. Y. You, J. Salleh, Z. Abbas, and L. L. You, "A rectangular patch antenna technique for the determination of moisture content in soil," *PIERS 2010 Cambridge - Prog. Electromagn. Res. Symp. Proc.*, no. January, pp. 850–854, 2010.
- [2] L. Zhou, D. Yu, Z. Wang, and X. Wang, "Soil water content estimation using high-frequency ground penetrating radar," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 5, pp. 1–16, 2019, doi: 10.3390/w11051036.

- [3] A. Abdurachman and U. Haryati, "P1. Abdurachman, A. & Haryati, U. in 131–142 (2007).enetapan Kadar Air Tanah Dengan Metode Gravimetrik," pp. 131–142, 2007.
- [4] A. H. Rambe, "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya," *JiTEKH*, vol. 01, no. I, pp. 86–92, 2012.
- [5] T. H. E. Design, O. F. Microstrip, and A. For, "Desain antena mikrostrip untuk aplikasi," 2013.
- [6] R. Cahyo, "Perancangan Dan Analisis Antena Mikrostrip Array Dengan Frekuensi 850 MHz Untuk Aplikasi Praktikum Antena," *J. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, vol. 13, no. 1, pp. 1–9, 2009.
- [7] A. Woszczyk *et al.*, "An open-ended probe with an antenna for the measurement of the water content in the soil," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 167, no. October, p. 105042, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.105042.
- [8] I. J. Bahl and S. S. Stuchly, "Analysis of a Microstrip Covered with a Lossy Dielectric," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 28, no. 2, pp. 104–109, 1980, doi: 10.1109/TMTT.1980.1130018.
- [9] A. K. Verma and Z. Rostamy, "Resonant frequency of uncovered and covered rectangular microstrip patch using modified wolff model," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 41, no. 1, pp. 109–116, 1993, doi: 10.1109/22.210236.
- [10] Fahrazal, Muhammad, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Triple-Band Linier Array 4 Elemen untuk Aplikasi Wimax", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2008.
- [11] Topalaguna Bayu, Zakiy Ubaid. (2012). Konstruksi Prototype Nanosatellite pada Frekuensi ISM Band 2,4 GHz untuk Aplikasi Telemetri Suhu. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- [12] Balanis, Constantine A, "Antena Theory Analysis and Design", 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., Kanada, 1997.
- [13] B. Hermawan, "Penetapan Kadar Air Tanah Melalui Pengukuran Sifat Dielektrik Pada Berbagai Tingkat Kepadatan," *J. Ilmu-ilmu Pertan. Indones.*, vol. 6, no. 2, pp. 66–74, 2004.
- [14] A. A. Pramudita and L. Sari, "Extraction Model of Soil Water Content Information Based on Least Square Method for GPR," pp. 0–4, 2016.