

**PEMODELAN ESTIMASI KANDUNGAN AIR PADA TANAH
BERBASIS GROUND PENETRATING RADAR (GPR) DENGAN
VECTOR NETWORK ANALYZER**

***MODELLING OF WATER CONTENT ESTIMATION IN LAND
BASED ON GROUND PENETRATING RADAR (GPR) WITH VECTOR
NETWORK ANALYZER***

Cindy Mutia Firma¹, Aloysius Adya Pramudita², Dharu Arseno³

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

cindymutiaf@student.telkomuniversity.ac.id¹, pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id²,
darseno@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan suatu metode yang dikembangkan untuk mendeteksi benda yang terkubur di bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik. GPR dipelajari sebagai metode untuk memetakan ketebalan dan kadar air tanah terutama pada lapisan atas tanah. Prinsip kerja GPR adalah dengan memanfaatkan pemantulan sinyal elektromagnetik yang ditembakkan melalui antenna pemancar yang kemudian dipantulkan kembali menuju antenna penerima. Pantulan sinyal tersebut kemudian akan diproses untuk memperoleh informasi mengenai kelembaban tanah.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat didalam tanah yang nantinya akan bermanfaat dalam berbagai bidang, seperti survei lingkungan, pertanian, sipil, pertambangan, dan tanah. Oleh karena itu dilakukan penelitian berbasis sistem GPR dengan menggunakan *Vector Network Analyzer (VNA)* untuk mempermudah identifikasi kandungan air di dalam tanah. Penelitian dilakukan pada tiga sample tanah yang berbeda yang kemudian juga dilakukan penambahan air dengan konsentrasi tertentu terhadap masing-masing sampel. Masing-masing sampel tersebut juga dihitung kandungan air nya dengan metode gravimetri sebagai metode pembanding.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengukuran menggunakan GPR dapat mendeteksi kandungan air pada tanah. Namun hasil perbandingan antara pengukuran gravimetri dengan pengukuran VNA sedikit berbeda. Hal ini terjadi karena masing-masing jenis tanah memiliki konstanta dielektrik sendiri, sehingga memengaruhi hasil pengukuran dengan VNA.

Kata Kunci: *Ground Penetrating Radar, Vector Network Analyzer, Gravimetri*

Abstract

Ground Penetrating Radar (GPR) is a method developed to detect objects buried under the ground by using electromagnetic waves. GPR was studied as a method to map soil thickness and water content, especially in the topsoil. The working principle of GPR is to utilize the reflection of electromagnetic signals that are fired through the transmitting antenna which are then reflected back to the receiving antenna. The reflected signal will then be processed to obtain information about soil moisture.

This research was conducted to determine the water content contained in the soil which will later be useful in various fields, such as environmental, agricultural, civil, mining, and soil surveys. Therefore, a research based on the GPR system was carried out using a *Vector Network Analyzer (VNA)* to facilitate the identification of water content in the soil. The study was conducted on three

different soil samples which were then added with water with a certain concentration to each sample. Each sample is also calculated its water content by gravimetric method as a comparison method.

Based on the research that has been done, it can be concluded that measurements using GPR can detect water content in the soil. However, the results of the comparison between gravimetric measurements and VNA measurements are slightly different. This happens because each type of soil has its own dielectric constant, thus affecting the results of measurements with VNA.

Keyword : *Ground Penetrating Radar, Vector Network Analyzer, Gravimetric*

1. Pendahuluan

Air mengendalikan hampir seluruh proses fisik, kimia, dan biologi yang terjadi di dalam tanah [1]. Informasi tentang kadar air tanah penting untuk berbagai bidang seperti survei lingkungan, pertanian, sipil, pertambangan dan tanah. Metode untuk menentukan kadar air dalam tanah dibagi menjadi metode langsung dan tidak langsung. Gravimetri sering digunakan sebagai metode langsung untuk menentukan kadar air tanah secara akurat. Pengukuran secara langsung adalah berupa pemisahan air dari matrik tanah dan pengukuran langsung dari jumlah air yang dipisahkan tersebut. Pemisahan air dari matrik tanah dapat dicapai melalui: (1) pemanasan; (2) ekstraksi dan penggantian oleh larutan; atau (3) reaksi kimia. Jumlah air yang dipisahkan ditentukan dengan : (1) mengukur perubahan massa atau berat setelah pemanasan dan (2) pengukuran kuantitatif dari hasil reaksi. Pemisahan air dengan pemanasan biasa disebut dengan metode gravimetri. Metode gravimetri adalah metode yang paling sederhana secara konseptual dalam menentukan kadar air tanah. Pada prinsipnya mencakup pengukuran kehilangan air dengan menimbang sampel tanah sebelum dan sesudah dikeringkan pada suhu 105-110 °C dalam oven [1].

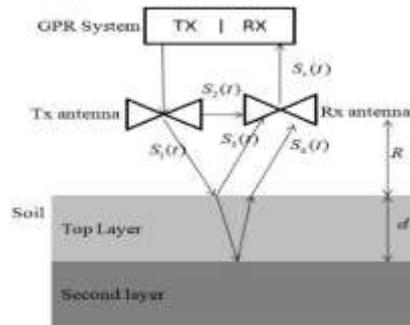
GPR adalah metode untuk mendeteksi benda yang terkubur di bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik. GPR dipelajari sebagai metode untuk memetakan ketebalan dan kadar air tanah terutama pada lapisan atas. Beberapa studi di bidang GPR telah dilakukan untuk mempelajari efek kondisi tanah pada hasil deteksi [2]. Penelitian ini akan mengembangkan sebuah studi pemodelan eksperimental metode ekstraksi untuk informasi kadar air tanah berbasis sistem GPR dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) yang kemudian divalidasi berdasarkan metode gravimetri. Kadar air di lapisan tanah atas menjadi fokus dari metode yang diusulkan. Informasi tentang kadar air tanah sangat penting dalam berbagai bidang, seperti pertanian, teknik sipil, dan survei di bawah permukaan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan berguna untuk mengekstraksi informasi tentang kadar air dalam tanah

2. Dasar Teori

2.1 Ground Penetrating Radar

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan suatu metode yang dikembangkan untuk mendeteksi benda yang terkubur di bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik. GPR menjadi metode radar yang sering digunakan untuk menyelidiki kondisi di bawah permukaan tanah karena prosesnya yang tidak harus menggali atau merusak tanah. GPR biasanya digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda yang terkubur dalam tanah, struktur lapisan tanah, memetakan ketebalan dan kadar air tanah.

Prinsip kerja GPR adalah dengan memanfaatkan pemantulan sinyal elektromagnetik yang ditembakkan melalui antena pemancar yang kemudian dipantulkan kembali menuju antena penerima. Jarak antara antena dengan permukaan tanah dapat diperkirakan berdasarkan lebar pulsa yang dikirim oleh antena. Sehubungan dengan gagasan mengukur kadar air tanah pada lapisan atas, sinyal yang tiba di antena Rx dimodelkan sebagai penjumlahan dari jalur perambatan langsung dan jalur gelombang yang dipantulkan seperti yang digambarkan pada Gambar.2.3 Gelombang langsung dari antena Tx ke antena Rx S2 (t) mewakili level kopling antara antena Tx dan Rx. Ada dua gelombang yang dipantulkan yang dipertimbangkan dalam model. S3 refleksi pertama (t) adalah dari permukaan tanah dan yang kedua S4 (t) adalah dari lapisan kedua tanah. Informasi tentang kadar air pada lapisan atas tanah diharapkan dapat diekstraksi dari refleksi pertama dan ketebalan lapisan atas tanah dapat diekstraksi dari refleksi kedua. Menurut model pada Gambar 2.3, sinyal yang diterima dinyatakan sebagai (1), di mana S1 (t) ditransmisikan bentuk gelombang dari antena Tx yang tiba di permukaan tanah [2].



Gambar 2.1 GPR menerima model sinyal untuk mengukur kadar air tanah lapisan atas [2].

2.2 Tanah dan Kandungan Air Pada Tanah

Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang secara fisik, kimia, biologi mampu menunjang produktivitas tanaman untuk menghasilkan biomassa dan produksi baik tanaman pangan, pakan, obat-obatan, industri, perkebunan, maupun kehutanan. Tanah memiliki peranan yang vital bagi semua kehidupan di bumi karena tanah merupakan tempat hidupnya tumbuhan yang menyediakan hara dan air sebagai penopang akar.

Tanah mempunyai sifat sangat kompleks yang terdiri atas komponen padatan yang berinteraksi dengan cairan dan udara. Komponen pembentuk tanah yang berupa padatan, cairan dan udara jarang berada dalam kondisi kesetimbangan, selalu berubah mengikuti perubahan yang terjadi di atas permukaan tanah yang dipengaruhi oleh suhu, udara, angin, dan sinar matahari [1].

Air merupakan salah satu unsur utama dari tanah. Air mempunyai fungsi yang penting dalam tanah, antara lain pada proses pelapukan mineral dan bahan organik tanah yaitu reaksi yang mempersiapkan hara larut bagi pertumbuhan tanaman. Jumlah air di dalam tanah selalu berubah-ubah. Air menempati pori-pori tanah dan jumlahnya selalu berkebalikan dengan jumlah udara yang ada. Jumlah air akan sedikit jika udara yang menempati rongga tanah banyak. Keberadaan air di dalam tanah disebabkan oleh kemampuan tanah dalam menyerap air melalui gaya kohesi, adhesi, maupun gravitasi.

Kadar air tanah dinyatakan sebagai perbandingan antara massa/berat air yang ada dalam contoh sebelum pengeringan dan massa/berat contoh setelah dikeringkan hingga mencapai massa atau berat yang tetap pada 105°C. Sebagai alternatif, volume air yang ada pada satu unit volume dapat dijadikan ukuran kandungan air tanah. Oleh karena itu, ukuran kandungan air tanah yang biasa digunakan dalam studi-studi tanah adalah perbandingan tanpa dimensi atau persentase, sehingga membuat definisi gravimetri dan volumetri menjadi tidak sama. Dengan demikian, penting untuk menyatakan kandungan air tanah secara spesifik, apakah berdasarkan perbandingan dua massa (gravimetrik) atau dua volume (volumetrik) [1].

2.3 Metode Gravimetri

Metode gravimetri merupakan metode yang paling sederhana secara konseptual dalam menentukan kadar air tanah. Pada prinsipnya mencakup pengukuran kehilangan air dengan menimbang sampel tanah sebelum dan sesudah dikeringkan pada suhu 105-110°C dalam oven. Hasilnya dinyatakan dalam persentase air dalam tanah, yang dapat di ekspresikan dalam persentase terhadap berat kering, berat basah atau terhadap volume. Masing-masing dari persentase berat ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

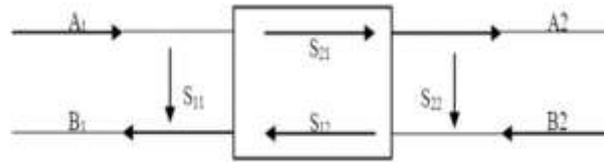
1. % H₂O berat kering = (berat H₂O/ berat tanah kering oven) x 100 %
2. %H₂O berat basah = (berat H₂O/ berat basah tanah) x 100%
3. % H₂O volume = % H₂O berat kering x BD (bulk density)

Metode oven pengering merupakan metode yang tepat atau yang paling baik untuk menghasilkan data kadar air tanah. Metode ini bisa digunakan di laboratorium maupun di lapangan [1].

2.4 Vector Network Analyzer

Vector Network Analyzer adalah alat yang mengukur parameter jaringan-jaringan listrik. Vector Network Analyzer juga dapat disebut sebagai pengukur fasa gain atau penganalisis jaringan otomatis. 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. Sparameter yang digunakan menggambarkan VSWR, impedansi, return loss, bandwidth, gain, polarisasi, polaradiasi, dan koefisien pantul [5].

Vector Network Analyzer memiliki port pemancar (Tx) dan penerima (Rx) yang akan menghasilkan S-parameter dengan simbol S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} . S_{11} adalah koefisien sinyal pantul yang terdapat pada port 1 dan S_{22} adalah koefisien sinyal pantul yang terdapat pada port 2. S_{12} adalah koefisien pantul yang diterima oleh port 1 yang dikirim dari port 2, sedangkan S_{21} adalah koefisien pantul yang diterima oleh port 2 yang dikirim dari port 1.



Gambar 2. 2 S-parameter dengan 2 port

Dalam eksperimen ini antenna penerima dan antenna pengirim akan disambungkan dengan VNA melalui port 1 dan port 2. Antena yang digunakan adalah antena Vivaldi dimana antena tersebut memiliki bandwidth yang lebar yaitu pada rentang 2 GHz sampai dengan 20GHz.

2.5 Estimasi Permittivitas Tanah

Permittivitas tanah yang biasa dilambangkan dengan ($\hat{\epsilon}_v$) adalah suatu ukuran kemampuan dari suatu bahan untuk dapat meneruskan atau menyalurkan medan listrik. Pada penelitian ini permittivitas tanah digunakan untuk melakukan estimasi kandungan air dalam tanah. Nilai permittivitas tanah menjadi suatu ukuran yang dapat menentukan besarnya kemampuan tanah untuk meneruskan medan listrik dalam suatu area tertentu. Pada kasus untuk mengestimasi nilai permittivitas tanah, perlu terlebih dahulu mendapatkan nilai koefisien pantul (Γ_a). Mengacu pada konsep gelombang elektromagnetik, Γ_a dapat diperoleh dengan mencari rasio antara amplitude gelombang terpantul $E[S_r]$ dengan amplitude gelombang transmit $E[S_t]$.

$$\Gamma_a = \frac{-S_r(t)}{S_t(t)} \quad (2.2)$$

Langkah selanjutnya ialah mendapatkan nilai impedansi instrinsik tanah Z_a dari nilai impedansi instrinsik air Z_{air} dan nilai Γ_a yang telah diperoleh melalui persamaan 2.3.

$$Z_a = \frac{Z_{air}(\Gamma_a + 1)}{1 - \Gamma_a} \quad (2.3)$$

Setelah nilai impedansi tanah Z_a diperoleh, langkah selanjutnya ialah mencari nilai permittivitas dari tanah dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\hat{\epsilon}_v = \frac{\mu}{(z_a)^2} \quad (2.4)$$

Informasi mengenai ϵ yang telah diperoleh dapat digunakan untuk mencari tingkat kandungan air dalam tanah. Kandungan air dalam tanah diperoleh dengan mencari hubungan antara ϵ_v dengan tingkat kelembaban tanah \hat{m}_v melalui *TOP Equation* seperti pada persamaan 2.5.

2.5 Top Equation Sebagai Soil Moisture Equation

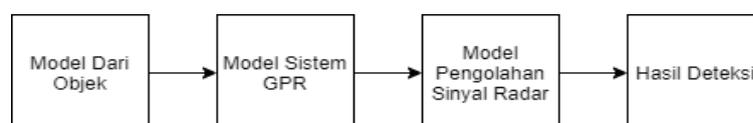
Top Equation adalah model persamaan yang dikemukakan oleh Topp G., pada penelitian [7]. Top equation membuktikan hubungan dari suatu permittivitas tanah ϵ_v dengan nilai kelembaban tanah \hat{m}_v kedalam bentuk persamaan 2.5.

$$\hat{m}_v = -7.20 \cdot 10^{-2} + 4.93 \cdot 10^{-2} \cdot (\hat{\epsilon}_v) - 3.10 \cdot 10^{-3} \cdot (\hat{\epsilon}_v)^2 + 7.85 \cdot 10^{-5} \cdot (\hat{\epsilon}_v)^3 \quad (2.5)$$

3. Model Sistem dan Perancangan

3.1 Desain Sistem Radar

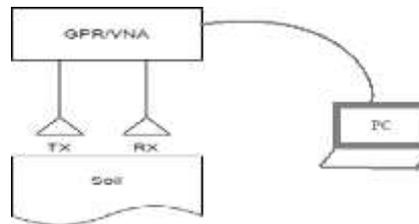
Dalam bab ini diuraikan secara rinci cara dan pelaksanaan kerja, hasil pengamatan percobaan atau pengumpulan data dan informasi lapangan, pengolahan data, dan informasinya. Pada perancangan sistem ini dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 3. 1 Desain Sistem Radar

3.2 Model dari Objek

Pada Gambar 3.3 Melakukan pengujian sistem dengan meletakkan objek dibawah antenna yang sudah dihubungkan dengan VNA atau GPR nya. Meletakkan objek ke antenna lebih baik didekatkan agar pancaran pulsa sinyal lebih banyak yang memantul. Namun jika permukaan objek tidak datar lebih baik diberi sedikit celah agar antenna tidak tergesek atau menyebabkan kerusakan pada antenna tersebut.



Gambar 3. 2 Pengujian Sistem dari Objek

3.3 Model GPR dengan VNA

Penggunaan VNA pada penelitian ini adalah sebagai perangkat keras yang berfungsi untuk mengolah dan memancarkan sinyal pulsa. VNA yang digunakan berupa *Pocket Vector Network Analyzer* yang bekerja pada rentang frekuensi 10 MHz sampai dengan 4GHz. Ukuran VNA jenis ini cukup kecil sehingga memiliki keunggulan karena mudah dibawa.VNA disambungkan dengan antenna Vivaldi pada port yang telah tersedia lalu dihubungkan pada laptop atau PC melalui USB.

VNA dapat diatur dengan berbagai pengaturan pengambilan S-parameter diantaranya $S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22}$. *Scattering parameter* yang digunakan pada penelitian ini adalah parameter S_{21} . VNA memiliki 2 port yang digunakan sebagai *receiver* pada port 2 dan *transmitter* pada port 1. Parameter S_{21} artinya gelombang dipantulkan oleh antenna pada port 1 dan diterima oleh antenna pada port 2.



Gambar 3. 3 Model GPR dengan Pocket VNA

3.4 Sistem Pengolahan Data

Pengolahan hasil data dari pengukuran menggunakan VNA akan diolah dengan *software* MATLAB. Data S_{21} pada pocket VNA disimpan dalam bentuk *excel* kemudian diproses pada *software* MATLAB. Data yang didapatkan dari hasil percobaan merupakan sampel data yang berada dalam domain frekuensi, sedangkan dibutuhkan data dalam domain waktu untuk mempermudah analisa. *Software* MATLAB dibutuhkan untuk mengubah domain tersebut.

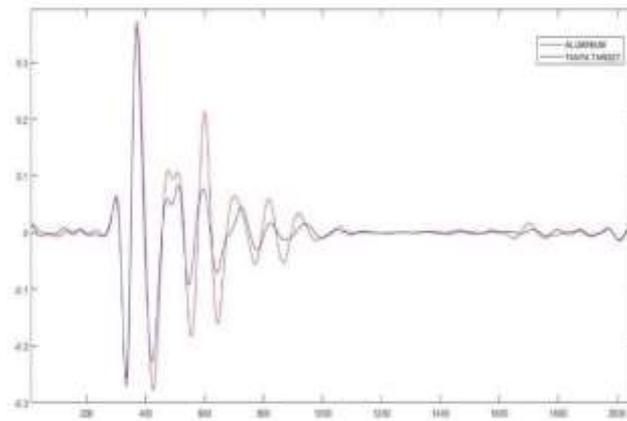
3.4 Pelaksanaan Eksperimen

Pengukuran kadar air dalam tanah dilakukan di Gedung N ruangan lab Dastran. Pada saat proses pengukuran, VNA perlu digantungkan pada penyangga dan diatur ketinggian atau jarak dari antenna ke permukaan tanah. Pada penelitian ini jarak yang digunakan ialah 80cm. Proses pengukuran dilakukan seperti pada gambar 3.4



Gambar 3. 4 Proses pengukuran kadar air dalam tanah

Pengujian sistem radar perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengukuran objek. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui apakah sistem radar GPR tersebut dapat bekerja dengan benar. Pada kasus ini sebelum melakukan pengukuran menggunakan tanah sebagai objek, peneliti melakukan pengukuran tanpa target terlebih dahulu yang dilakukan di luar ruangan atau ke udara. Selanjutnya juga dilakukan pengukuran menggunakan aluminium yang diletakkan diatas tanah. Hal ini dilakukan karena aluminium dianggap sebagai hasil yang mendapatkan pantulan sempurna karena sifat aluminium yang merupakan konduktor listrik yang baik. Hasil pengukuran keduanya dibandingkan, dan apabila telah sesuai maka dapat dilanjutkan dengan pengukuran untuk objek tanah.



Gambar 3. 5 Perbandingan hasil ukur antara tanpa target dengan aluminium

4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Percobaan dengan Gravimetri

Percobaan dengan gravimetri dilakukan untuk menjadi pembandingan hasil percobaan dengan VNA nantinya. Metode ini dilakukan dengan cara mengeringkan tanah sampai benar-benar menjadi kering. Tanah pada kondisi awal ditimbang, lalu dikeringkan menggunakan kompor listrik, kemudian ditimbang kembali setelah kering. Nilai kandungan air dalam tanah didapatkan dari berat air yang hilang per berat tanah dalam kondisi kering. Berikut adalah hasil perhitungan gravimetri yang diperoleh terhadap tiga sampel tanah.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan kadar air dalam tanah A dengan gravimetri

TANAH A	
Kondisi Tanah	Kandungan Air Metode Gravimetri
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	0,1150
Penambahan air 1x	0,1481
Penambahan air 2x	0,1923
Penambahan air 3x	0,2474

Tabel 4.2 Hasil perhitungan kadar air dalam tanah B dengan gravimetri

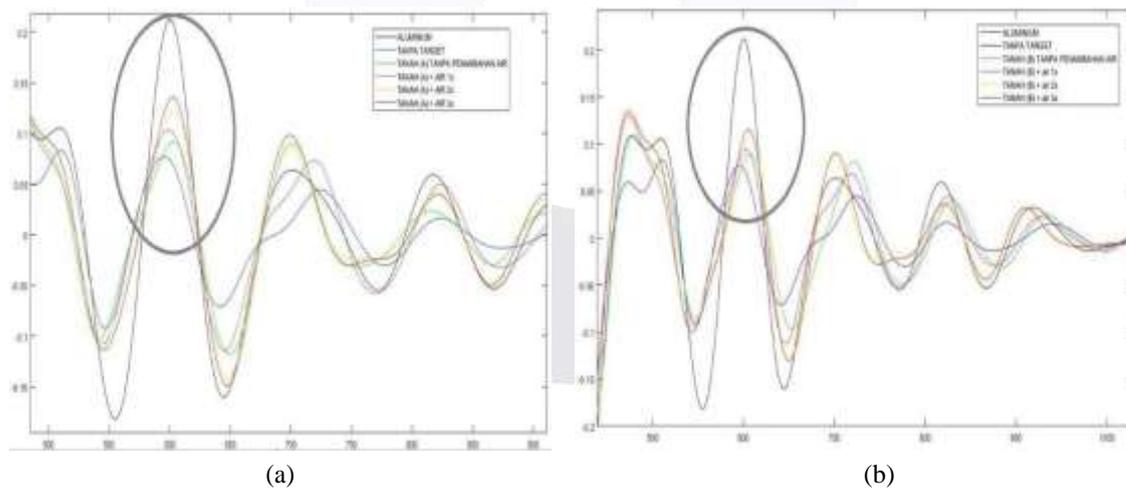
TANAH B	
Kondisi Tanah	Kandungan Air Metode Gravimetri
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	0,0900
Penambahan air 1x	0,1296
Penambahan air 2x	0,1588
Penambahan air 3x	0,1809

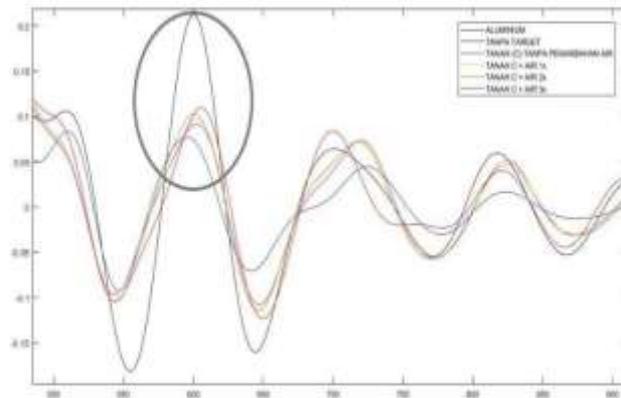
Tabel 4.3 Hasil perhitungan kadar air dalam tanah C dengan gravimetri

TANAH C	
Kondisi Tanah	Kandungan Air Metode Gravimetri
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	0,4489
Penambahan air 1x	0,4680
Penambahan air 2x	0,5681
Penambahan air 3x	0,6097

4.2 Hasil Percobaan dengan VNA

Percobaan dilakukan pada tiga sampel tanah yang berbeda yaitu sampel A,B dan C. Pengukuran dilakukan dengan jarak yang sama yaitu 80 cm jarak dari antenna ke permukaan tanah. Masing-masing sampel tanah akan ditambahkan air secara berkala sehingga kadar air dalam tanah tersebut berubah. Hasil yang didapatkan diproses lebih lanjut dengan *software* MATLAB sehingga didapatkan hasil dalam bentuk grafik. Hasil grafik menunjukkan bahwa tiap penambahan air pada sampel tanah, kadar air dalam tanah tersebut juga bertambah dilihat dari kenaikan pantulan dari objeknya . Dari hasil grafik dapat ditentukan nilai koefisien pantulnya (Γ_a) yang digunakan untuk mencari nilai permitivitas tanah (ϵ_r). Nilai ϵ_r yang telah diperoleh dapat digunakan untuk mencari tingkat kandungan air dalam tanah θ_w melalui rumus *TOP Equation* yang sebelumnya telah dipaparkan pada persamaan 2.5. Berikut adalah hasil grafik yang didapatkan dari pengujian terhadap tiga sampel tanah.





(c)

Gambar 4.1 Hasil Percobaan VNA pada sampel tanah A (a) tanah B (b) tanah C (c).

Dari hasil grafik pada gambar diatas maka nilai ϵ dan $\hat{\eta}$ yang diperoleh untuk masing-masing sampel tanah adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2.1 Hasil perhitungan tanah A dengan VNA

Kondisi Tanah	$\hat{\epsilon}_v$	$\hat{\eta}$
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	8,7407	0,1745
Penambahan air 1x	10,9463	0,1991
Penambahan air 2x	14,3600	0,2290
Penambahan air 3x	19,8916	0,2990

Tabel 4.2.2 Hasil perhitungan tanah B dengan VNA

Kondisi Tanah	$\hat{\epsilon}_v$	$\hat{\eta}$
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	6,8024	0,1446
Penambahan air 1x	8,1853	0,1668
Penambahan air 2x	10,1218	0,1908
Penambahan air 3x	11,66235	0,2058

Tabel 4.2.3 Hasil perhitungan tanah C dengan VNA

Kondisi Tanah	$\hat{\epsilon}_v$	$\hat{\eta}$
Tanpa penambahan air (kondisi awal)	8,0336	0,1646
Penambahan air 1x	8,4418	0,17048
Penambahan air 2x	10,2904	0,19258
Penambahan air 3x	11,3480	0,2030

4.3 Analisis Hasil Percobaan dengan Gravimetri dan Hasil Percobaan dengan VNA

Hasil perhitungan dengan VNA dibandingkan dengan hasil perhitungan gravimetri, sehingga didapatkan tingkat akurasinya.

Tabel 4.3.1 Perbandingan hasil perhitungan dengan VNA dan hasil perhitungan dengan gravimetri untuk tanah A

TANAH A		
Gravimetri	VNA	PERSENTASE AKURASI
0,1150	0,1745	65,90%
0,1481	0,1991	74,38%
0,1923	0,2290	83,97%
0,2474	0,2990	82,74%

Tabel 4.3.2 Perbandingan hasil perhitungan dengan VNA dan hasil perhitungan dengan gravimetri untuk tanah B

TANAH B		
Gravimetri	VNA	PERSENTASE AKURASI
0,0900	0,1446	62,24%
0,1296	0,1668	77,69%
0,1588	0,1908	83,22%
0,1809	0,2058	87,90%

Tabel 4.3.3 Perbandingan hasil perhitungan dengan VNA dan hasil perhitungan dengan gravimetri untuk tanah C

TANAH C		
Gravimetri	VNA	PERSENTASE AKURASI
0,4489	0,1646	36,67%
0,4680	0,17048	36,42%
0,5681	0,19258	33,89%
0,6097	0,2030	33,29%

Dari ketiga tabel diatas dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan air pada ketiga sampel tanah, nilai $\hat{\mu}$ yang diperoleh dari percobaan gravimetri ataupun VNA sama-sama menunjukkan kenaikan. Pada tanah A dan B tingkat akurasi yang didapatkan lebih mendekati dari pada tanah C. Hal ini disebabkan karena masing-masing tanah memiliki konstanta dielektrik tersendiri. Pada tanah A dan B setelah dikeringkan tanah nya menjadi pasir dan terdapat beberapa kerikil, sedangkan pada tanah C setelah dikeringkan tanah nya masih berwarna coklat dan tidak terdapat kerikil. Kerikil atau bebatuan tersebut merupakan konduktor lemah sehingga pada percobaan dengan VNA pantulan yang didapat lebih tinggi.

5. Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pendeteksian kandungan air pada tanah berbasis GPR dengan menggunakan Pocket VNA. Percobaan dilakukan pada tiga sampel tanah yang berbeda dan masing- masing ditambahkan air secara berkala sehingga kadar airnya berubah. Percobaan dilakukan pada jarak yang sama yaitu 80cm jarak dari antenna ke permukaan tanah. Analisis dilakukan dengan membandingkan kadar air yang didapat dengan hasil perhitungan gravimetri dan hasil perhitungan dengan percobaan menggunakan VNA.

Berdasarkan hasil perhitungan dari kedua percobaan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa VNA dapat mendeteksi kandungan air pada tanah. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan VNA bahwa setiap penambahan air pada masing-masing tanah pantulan yang didapatkan semakin besar, sehingga nilai $\hat{\mu}$ yang didapat juga semakin besar. Namun perbandingan hasil pengukuran gravimetri dengan hasil pengukuran VNA menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari jenis tanah itu sendiri. Masing-masing tanah memiliki konstanta dielektrik sendiri sehingga memengaruhi pengukuran dengan VNA.

REFERENSI

- [1] U. Kurnia, F. Agus, A. Adimihardja, and Ai Dariah, "Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya," 2006.
- [2] A.A Pramudita and Lydia Sari, "Extraction Model of Soil Water Content Information Based on Least Square Method for GPR," 2016.
- [3] Raymond Joshua P.S, A.A.Pramudita, and Erfansyah Ali, "Post Processing of Soil Water Content Information for Ground Penetrating Radar Using Matlab," 2019.
- [4] Ristia Zaharah B.S , Erfansyah Ali, and A.A. Pramudita, "Mapping Top Soil Water Content Using Ground Penetrating Radar," 2020.
- [5] 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.
- [6] A. A. Pramudita , T. O. Praktika , and S.Janah, "Radar Modelling Experiment Using Vector Network Analyzer," 2021.
- [7] G.C. Topp, J. L. Davis, and P. Annann, "Electromagnetic determination of soil water content : Measurements in coaxial transmission lines," vol. 16, pp. 574-582, 1980.
- [8] N. Khamidah, *Penyelidikan Rongga Bawah Tanah Di Sekitar Sumur Pemukiman Warga Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)*, 2018.
- [9] Pranowo, "Pemodelan Awal Ground Penetrating Radar dengan Metode Discontinuous Galerkin dan PML Berenger," *JNTETI*, vol. 5, 2016.
- [10] L. K. LI, "CLASSIFICATION OF GROUND PENETRATING RADAR IMAGES USING HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENTS AND SUPPORT VECTOR MACHINE," 2016.
- [11] R. Wulandari, "ANALISIS BAWAH PERMUKAAN KELURAHAN TRIKORA DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN METODE GPR (Ground Penetrating Radar) DAN GEOLISTRIK".*Prosiding Seminar Hasil Penelitian FMIPA UNILA*.

