

# METODE IDENTIFIKASI RONGGA PADA BATANG KAYU DENGAN MENGGUNAKAN *GROUND PENETRATING RADAR (GPR)*

Andini Dwi Pratiwi<sup>1</sup>, Dharu Arseno<sup>2</sup>, Aloysius Adya Pramudita<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>andinidwipratiwi@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>darseno@telkomuniversity.co.id,

<sup>3</sup>pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak --** Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan pemancar sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari objek kemudian dipantulkan menjadi gelombang elektromagnetik. Pada sistem radar terdiri dari pemancar, penerima. GPR biasanya digunakan dalam berbagai media, termasuk batu, tanah, air bersih, trotoar, dan struktur benda keras lainnya. GPR juga digunakan untuk mengetahui karakteristik sebuah objek dan GPR dapat melihat gambaran objek yang sudah diimplementasi. Pada penelitian ini akan melakukan identifikasi pada sebuah batang pohon yang berupa kayu yang memiliki dua jenis yaitu, kayu berongga dan kayu tidak rongga. Penelitian ini dilakukan karena banyaknya pohon yang tumbang akibat kekeroposan pada batang pohon yang sulit untuk dilihat dengan kasat mata. Maka dari itu dilakukan identifikasi pada batang kayu menggunakan GPR untuk mempermudah pengecekan keadaan dari batang kayu tersebut. Hasil pengujian eksperimen ini terhadap model GPR yang dibuat untuk menunjukkan bahwa sistem GPR bisa mendeteksi kekeroposan pada sebuah batang kayu yang bekerja pada frekuensi 1-8 GHz. Hasil pengukuran batang kayu pada satu titik bisa dibedakan hasil sinyalnya hanya relatif kecil. Hasil lain yang didapat pada *scanning* melingkar kita dapat mengidentifikasi kayu utuh dan kayu berlubang.

**KATA KUNCI --** *Ground Penetrating Radar, Vector Network Analyzer, Kayu, S-Parameter.*

## I. PENDAHULUAN

Pohon merupakan salah satu tumbuhan yang sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia maupun kehidupan makhluk hidup. Selain itu batang pohon juga bermanfaat untuk bahan – bahan mebel. Namun tanpa kita sadari bahwa pohon yang berada di sekitar kita dapat membahayakan, karena batang yang berada dipohon memiliki kekeroposan yang tidak bisa kita lihat dengan kasat mata. Sudah sekitar 17.401 pohon yang ditebang di Jakarta Selatan untuk antisipasi terjadinya pohon tumbang. Tidak hanya di Jakarta Selatan, tetapi di daerah Jakarta Pusat dan Jakarta Timur pada akhir tahun 2018 juga banyak mengalami pohon tumbang akibat pohon yang sudah tidak kokoh. Pendeteksi secara dini untuk mengetahui kekeroposan batang pohon tersebut diperlukan untuk mencegah sejumlah kerugian yang mungkin timbul akibat pohon tumbang [9]. *Ground Penetrating Radar (GPR)* adalah sistem yang digunakan untuk mendeteksi benda / objek yang ada dibawah permukaan tanah. GPR salah satu metode geofisika untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan untuk kedalaman yang dangkal dengan memanfaatkan penjalaran dari gelombang elektromagnetik yang ditembakkan oleh *transmitter* dan direkam pada *reciver* [1]. Sistem GPR juga dikaji sebagai suatu metode mendeteksi kekeroposan batang pohon. Ketika gelombang EM merambat penembus batang pohon yang berongga maka perambatan akan menemui bidang batas antara bagian kayu yang tersisa dengan bagian rongga. Situasi itu memungkinkan terjadinya pemantulan gelombang elektromagnetik. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan eksperimen pendeteksi rongga pada batang kayu dengan menggunakan sistem GPR. Untuk mengetahui kinerja dari sistem GPR dalam mendeteksi rongga pada sistem GPR dimodelkan dengan menggunakan VNA. Pantulan gelombang tersebut akan ditangkap oleh antena penerima dan ditampilkan oleh VNA sebagai S-Parameter. Oleh karena itu dibutuhkan teknik GPR untuk mendeteksi objek yang diamati sehingga kita dapat melihat pantulan elektromagnetik pada objek tersebut [1].

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Radar

Radar pertama kali dipatenkan tahun 1905 [8]. Hingga saat ini, aplikasi Radartelah menjadi bagian pada banyak alat antara lain sebagai kontrol kecepatan, kontrol lalu lintas udara, kontrol luar angkasa, aplikasi militer dan penginderaan jarak jauh, bahkan untuk medis [8]. Radar adalah suatu alat untuk mendeteksi dan

menentukan lokasi objek yang bekerja dengan memancarkan gelombang elektromagnetik dan menerima gelombang pantulan yang mengenai objek. Radar juga dapat digunakan untuk mengukur jarak suatu objek.

**2.2 Ground Penetrating Radar**

*Ground Penetrating Radar (GPR)* merupakan pemancar sinyal elektromagnetik yang dapat dipancarkan dari objek kemudian dipantulkan menjadi gelombang elektromagnetik. GPR pada umumnya merupakan suatu metode geofisika yang mempelajari kondisi dibawah permukaan tanah biasanya menggunakan rentang frekuensi 300KHz sampai 8 GHz. Namun pada Tugas Akhir ini saya menggunakan GPR yang dimodelkan dengan VNA. GPR bekerja dengan memanfaatkan pemantulan sinyal. Semua sistem GPR pasti memiliki pengirim (*transmitter*) dan memiliki penerima (*reciver*). *Transmitter* yaitu sistem antenna yang terhubung ke generator sinyal, sedangkan *reciver* yaitu sistem antenna yang terhubung ke *unit* pengolahan sinyal. Pulsa ini mengendalikan pengirim dan penerima elektronik untuk menghasilkan sampel gelombang dari pulsa radar yang dipantulkan. Pulsa ini akan dipancarkan oleh antenna ke dalam objek. Pulsa ini akan mengalami atenuasi (pelemahan) dan cacat sinyal lainnya selama perambatannya di objek. Sinyal ini kemudian diproses oleh rangkaian penerima [4].

**2.3 Vector Network Analyzer**

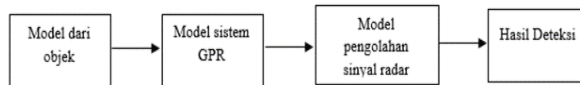
Vector Network Analyzer adalah alat yang mengukur parameter jaringan-jaringan listrik. Vector Network Analyzer juga dapat disebut sebagai pengukur fasa gain atau penganalisis jaringan otomatis. Analisa jaringan biasanya mengukur S-parameter karena refleksi dan trasmisi jaringan listrik mudah diukur pada frekuensi tinggi, tetapi ada S-parameter jaringan lain seperti y-parameter, z-parameter, dan h-parameter. S-parameter yang digunakan menggambarkan VSWR, impedansi, *return loss*, bandwith, gain, polarisasi, pola radiasi, dan koefisien pantul. *Vector Network Analyzer* memiliki port pemancar (*Tx*) dan penerima (*Rx*) yang akan menghasilkan S-parameter dengan simbol  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ .

**III. PERANCANGAN SISTEM**

**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.

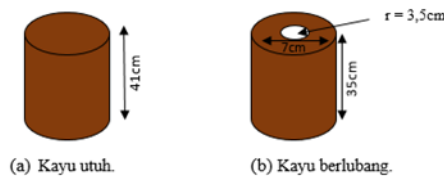
Pada perancangan sistem ini dapat digambarkan seperti dibawah ini :



**Gambar 1.** Diagram alir desain sistem.

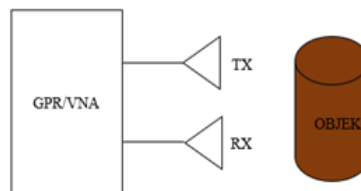
**3.2 Model dari Objek**

Model dari objek pengujian ini terdapat pada kayu yang tidak berongga, dan kayu berongga atau bercelah seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



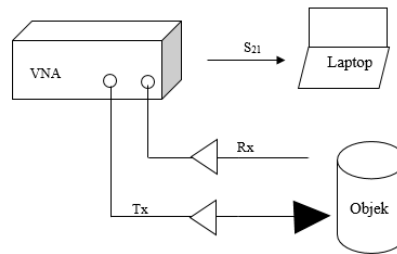
**Gambar 2.** Model objek.

Pada gambar 3 ini melakukan pengujian sistem dengan meletakkan objek didepan antenna yang sudah dihubungkan dengan VNA atau GPR nya. Meletakkan objek ke antenna lebih baik ditempelkan agar pancaran pulsa sinyal lebih banyak yang memantul. Namun karena permukaan objek tidak datar lebih baik diberi sedikit celah agar antenna tidak tergesek atau menyebabkan kerusakan pada antenna tersebut.



**Gambar 3.** Desain sistem dengan objek.

### 3.3 Model GPR dengan VNA



Gambar 5. Model GPR dengan VNA

Pada Gambar 5 terdapat model GPR dengan VNA. Pada VNA dapat diatur dengan berbagai pengaturan dalam pengambilan data S parameter antara lain S11, S12, S21, dan S22. Pada pengujian ini, scattering parameter yang digunakan adalah S21. Penjelasan S21 yaitu port 1 pada VNA sebagai Transmitter dan port 2 sebagai Receiver. Data yang diambil oleh VNA diatur dalam format Polar dengan mode (R+Jx). Mode ini diatur untuk mendapatkan nilai Real dan Imaginer yang nantinya diolah menggunakan aplikasi. Frekuensi yang digunakan pada VNA adalah 300KHz – 8 GHz dengan pengambilan data menggunakan mode sweep. Pada mode ini juga diatur dengan jumlah pengambilan data 501 point. Jumlah pengambilan data mempengaruhi resolusi sinyal yang diterima oleh VNA. Semakin besar jumlah point yang digunakan, maka semakin halus sinyal yang dibentuk pada tampilan VNA.

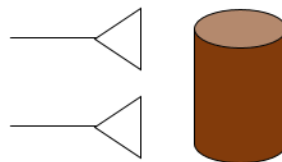
### 3.4 Analisa Hasil Deteksi

Berdasarkan hasil sinyal yang diterima oleh VNA, lalu diolah dan dilihat perbandingan respon dari setiap jenis batang kayu menggunakan aplikasi Matlab. Selanjutnya hasil deteksi dari setiap jenis batang kayu yang sudah diolah menjadi sinyal rekonstruksi dapat dianalisis karakteristiknya dari bentuk sinyal pengaruh kayu utuh dan kayu berlubang.

### 3.5 Skema Pengujian pada Objek

#### 3.5.1 Skema Deteksi I

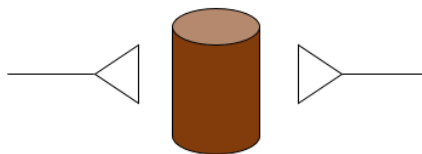
Pengukuran pada skema deteksi 1 disini merupakan pengukuran sebuah objek dengan cara meng-set up 2 antenna yang sejajar dan meletakkan sebuah objek didepan antenna tersebut.



Gambar 6. Skema deteksi 1 dengan antenna sejajar.

#### 3.5.2 Skema Deteksi II

Pengukuran pada skema deteksi 2 disini merupakan pengukuran sebuah objek dengan cara meng-set up 2 antenna yang berhadapan dan meletakkan sebuah objek ditengah antenna tersebut.



Gambar 7. Skema deteksi 2 dengan antenna berhadapan.

## IV. HASIL DAN ANALISIS

### 4.1 Hasil Pengukuran Batang Kayu pada Satu Titik

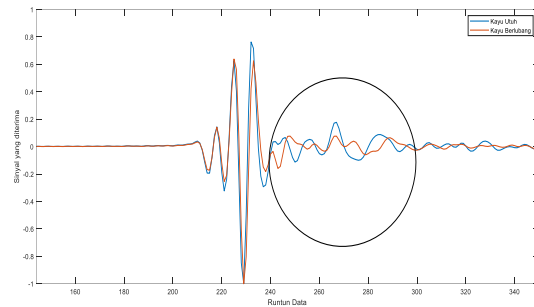
Pengukuran batang kayu pada satu titik dilakukan dimasing – masing objek batang kayu yang berlubang dan tidak berlubang dengan antenna yang di *set up* berbeda. Pengukuran dilakukan di sisi batang kayu pada satu titik dengan tujuan sinyal yang dipancarkan dapat memancar pada batang kayu tersebut. Pengukuran ini disimpan dalam bentuk  $S_{21}$ . Setelah dilakukan pengukuran data tersebut akan diolah oleh MATLAB. Proses pengolahan MATLAB akan mengeluarkan sejumlah sampel data. Sampel data tersebut akan diubah kedalam bentuk degree dalam MATLAB.

**4.1.1 Skema Deteksi I Kayu Utuh dan Berlubang**

Pada skema deteksi I seperti gambar 6 merupakan bagaimana cara mengambil data pada sebuah objek. Dimana pengukuran di skema I digunakan dua buah antenna yang di se up sejajar dengan objek yang berbeda. Pengukuran pada skema deteksi I ini dengan cara pengukuran pada satu titik dan scanning.

1) Pulsa

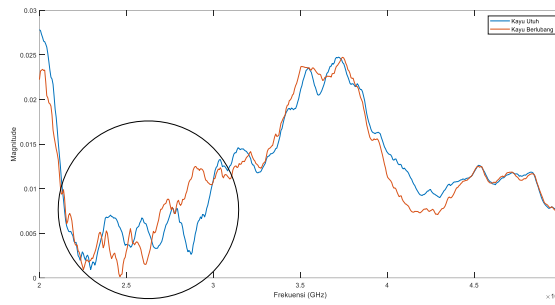
Pulsa yang dapat kita bandingkan perbedaannya dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil pulsa antara kayu utuh dan kayu berlubang yang tidak terlalu terlihat perbedaannya. Perbedaan dari kedua objek dapat kita lihat pada runtun data 240-290. Dimana pulsa pada kayu utuh memiliki sinyal yang diterima lebih besar dari pada kayu berlubang.



**Gambar 8.** Hasil pulsa pada kayu utuh dan berlubang.

2) S21 Magnitude

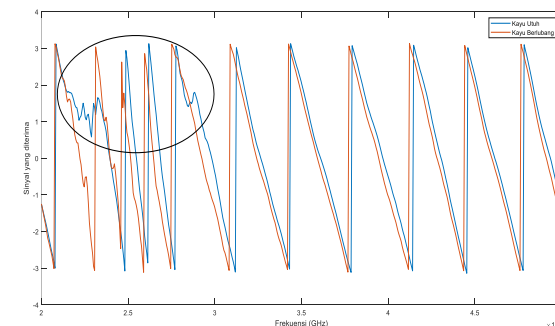
Magnitude yang dapat kita bandingkan perbedaannya dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil magnitude antara kayu utuh dan kayu berlubang dapat dilihat pada magnitude yang berbeda pada frekuensi 2,2 GHz – 3 GHz. Dimana kayu berlubang lebih besar magnitudenya dibandingkan dengan kayu utuh.



**Gambar 9.** Hasil magnitude pada kayu utuh dan berlubang.

3) S21 Phase

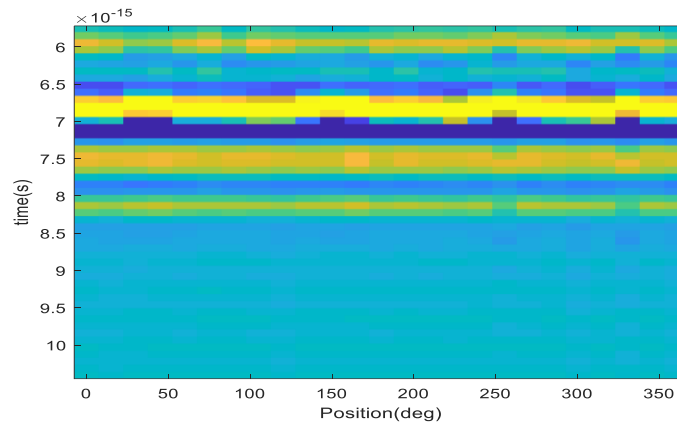
Phase yang dapat kita bandingkan perbedaannya. Dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil phase antara kayu utuh dan kayu berlubang dapat dilihat pada phase yang berbeda pada frekuensi 2,1 GHz – 2,85 GHz. Kayu berlubang lebih memiliki phase yang lebih rapat dan phase mendahului kayu yang lebih utuh.



**Gambar 10.** Hasil phase pada kayu utuh dan berlubang.

#### 4) Scanning Imagesc pada Kayu Utuh

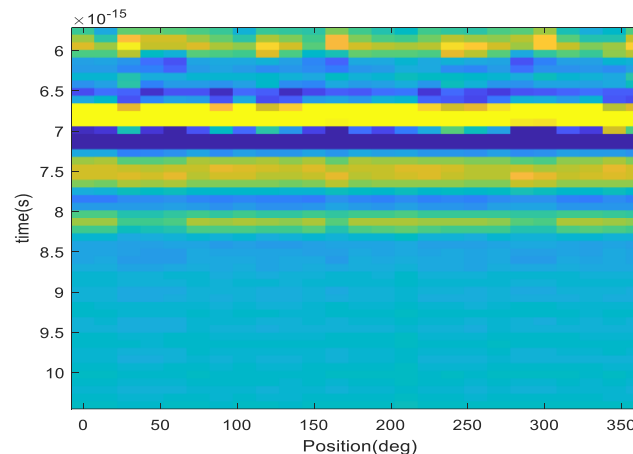
Pada gambar 11 menunjukkan hasil *scanning imagesc* untuk kayu utuh. Sumbu X menunjukkan jumlah data yang diubah dalam bentuk sudut (degree). Sumbu Y menunjukkan waktu yang diterima. Dapat dilihat daerah berwarna kuning pekat merupakan terdeteksi adanya sebuah objek kayu utuh.



**Gambar 11.** Hasil scanning imagesc pada kayu utuh.

#### 5) Scanning Imagesc pada Kayu Utuh dan Berlubang

Pada gambar 12 menunjukkan hasil *scanning imagesc* untuk kayu berlubang. Sumbu X menunjukkan jumlah data yang diubah dalam bentuk sudut (degree). Sumbu Y menunjukkan waktu yang diterima. Hasil scanning pada kayu berlubang hampir sama dengan hasil kayu utuh. Pada detik ke-6,5 terdapat hasil dengan warna ungu yang lebih pekat daripada kayu utuh.



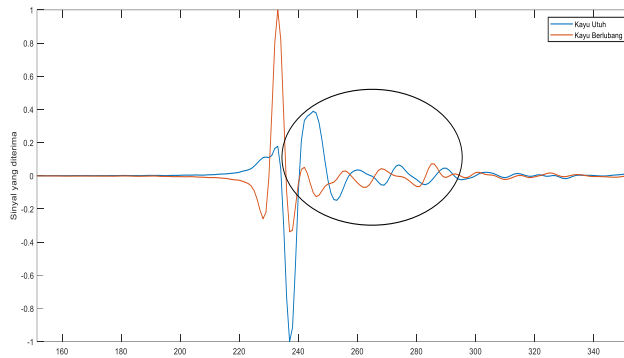
**Gambar 12.** Hasil scanning imagesc pada kayu berlubang.

#### 4.1.2 Skema deteksi II Kayu Utuh dan Berlubang

Pada skema deteksi II seperti gambar 7 merupakan bagaimana cara mengambil data pada sebuah objek. Dimana pengukuran di skema II digunakan dua buah antena yang di se up berhadapan dengan objek yang berbeda. Pengukuran pada skema deteksi II ini dengan cara pengukuran pada satu titik dan scanning.

##### 1) Pulsa

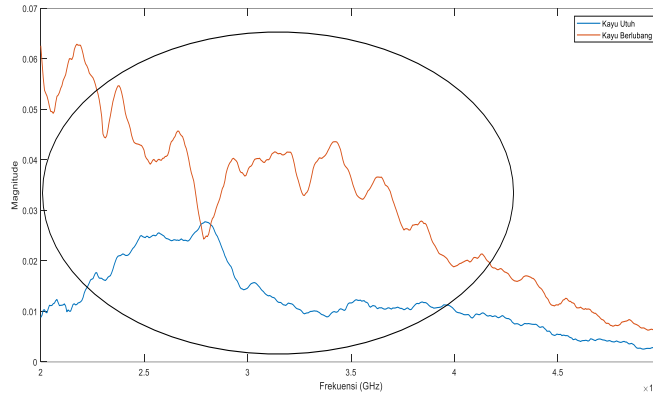
Pulsa yang dapat kita bandingkan perbedaannya. Dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil pulsa antara kayu utuh dan kayu berlubang yang tidak terlalu terlihat perbedaannya. Perbedaan dari kedua objek dapat kita lihat pada runtun data 250-300. Dimana pulsa pada kayu utuh memiliki sinyal yang diterima lebih besar dari pada kayu berlubang.



**Gambar 13.** Hasil pulsa pada kayu utuh dan berlubang.

2) S21 Magnitude

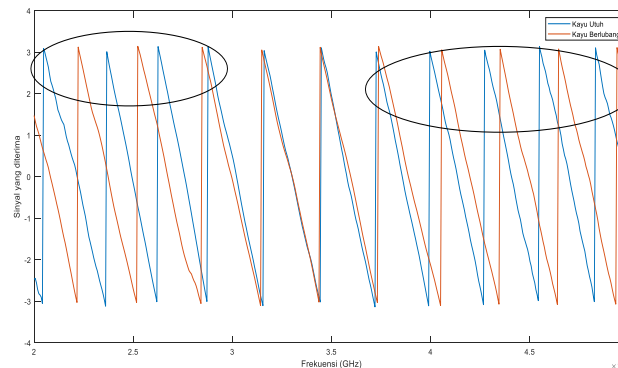
Pada Gambar 4.10 terdapat hasil sinyal berupa magnitude yang dapat kita bandingkan perbedaannya. Dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil magnitude antara kayu utuh dan kayu berlubang dapat dilihat pada magnitude yang berbeda pada frekuensi 2 GHz – 4,1 GHz. Kayu berlubang memiliki nilai magnitude yang lebih besar daripada kayu utuh. Tetapi pada frekuensi 2,8 GHz, magnitude kayu utuh lebih besar daripada kayu berlubang.



**Gambar 14.** Hasil magnitude pada kayu utuh dan berlubang.

3) S21 Phase

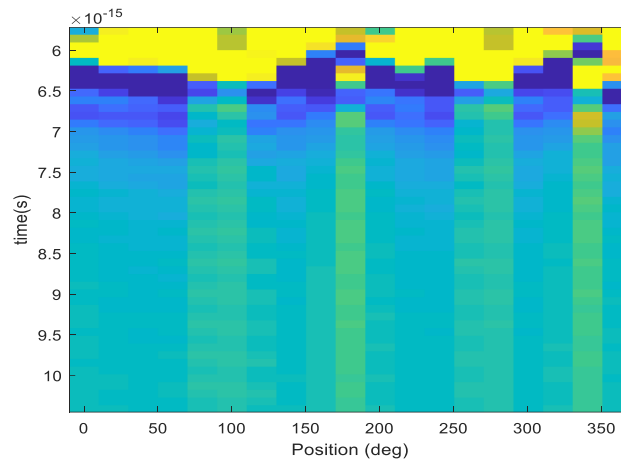
Phase yang dapat kita bandingkan perbedaannya. Dengan cara menganalisis hasil yang terjadi pada setiap objek yang kita gunakan. Hasil phase antara kayu utuh dan kayu berlubang dapat dilihat pada phase yang berbeda pada frekuensi 2 GHz – 2,8 GHz dan frekuensi 3,7 GHz – 5 GHz. Pada frekuensi 2,9 GHz – 3,6 GHz phase memiliki kestabilan.



**Gambar 15.** Hasil phase pada kayu utuh dan berlubang.

### 1) Scanning Imagesc pada Kayu Utuh

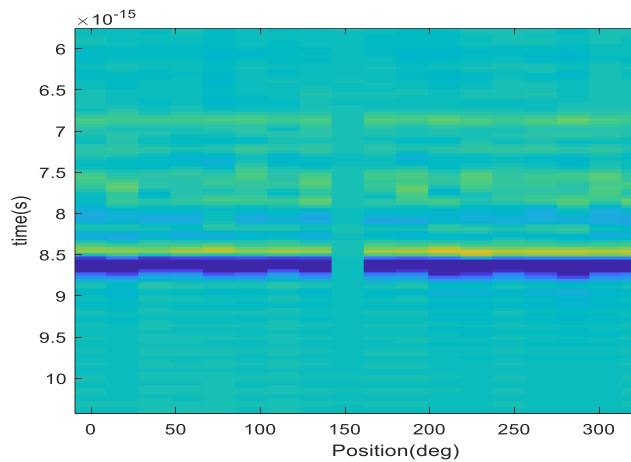
Pada gambar 16 menunjukkan hasil *scanning imagesc* untuk kayu utuh. Sumbu X menunjukkan jumlah data yang diubah dalam bentuk sudut (degree). Sumbu Y menunjukkan waktu yang diterima. Daerah berwarna kuning pekat menunjukkan bahwa terdeteksi adanya sebuah objek kayu utuh.



**Gambar 16.** Hasil scanning imagesc pada kayu utuh.

### 2) Scanning Imagesc pada Kayu Berlubang

Pada gambar 4.14 menunjukkan hasil *scanning imagesc* untuk kayu berlubang. Sumbu X menunjukkan jumlah data yang diubah dalam bentuk sudut (degree). Sumbu Y menunjukkan waktu yang diterima. Pada hasil tersebut, tidak terdapat warna kuning pekat yang menandakan adanya sebuah objek yang utuh. Hal tersebut menunjukkan bahwa objek tersebut merupakan kayu berlubang.



**Gambar 17.** Hasil scanning imagesc pada kayu berlubang.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan sebuah eksperimen untuk mengidentifikasi rongga pada batang kayu menggunakan GPR. Antena yang digunakan adalah antena Vivaldi yang bekerja pada frekuensi 1 GHz – 10 GHz dan VNA yang bekerja pada frekuensi 300 KHz - 8 GHz. Batang kayu yang digunakan menggunakan dua model yaitu, kayu yang utuh dan kayu yang berlubang. Dalam pengambilan data yang dilakukan dengan dua skema yaitu, pada antena sejajar dan antena yang berhadapan. Pada kedua skema dilakukan juga secara *scanning*. Antena yang berhadapan memiliki hasil yang mudah untuk diidentifikasi daripada dengan antena yang sejajar.

Dapat disimpulkan analisis pada Tugas Akhir ini;

1. Vector network analyzer yang dimodelkan sebagai ground penetrating radar dapat bekerja untuk mengidentifikasi kayu utuh dan kayu berlubang.

2. Pada hasil A-Scan bisa dilihat perbedaan runtun data pada nilai pulsa, dan perbedaan frekuensi pada  $S_{21}$  magnitude dan  $S_{21}$  phase. Berdasarkan teori pengaruh lebar pulsa dengan *bandwith*, jika lebar pulsa yang diinginkan rapat, maka *bandwith* yang digunakan semakin lebar. Pada frekuensi kerja 1-8 GHz lebar pulsa yang dihasilkan rapat sehingga pantulan yang terjadi dapat diidentifikasi.
3. Pada hasil B-Scan bisa dilihat secara vertikal hasil dari kayu utuh dan kayu berlubang. Pada bagian yang berwarna kuning menunjukkan bahwa objek kayu merupakan kayu utuh. Sedangkan yang tidak memiliki warna kuning pekat menunjukkan bahwa objek kayu merupakan kayu berlubang.
4. Pengambilan data dengan *set up* antenna berhadapan lebih bisa dapat dianalisis hasilnya dibandingkan pengambilan data yang di *set up* sejajar.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Laksono, H. Wijayanto and Y. Wahyu, "Simulasi Antena Tem Horn dengan Layer Dielektrik untuk Ground Penetrating Radar (GPR) dengan menggunakan FDTD3D." p. 10, 2010.
- [2] Geoscanners, (2014). Pengertian GPR atau radar penembus 2 tanah (bumi). [Online]. Available: [www.webcache.googleusercontent.com](http://www.webcache.googleusercontent.com) [Accessed 2 oktober 2018].
- [3] Tarigan, P. Ray, "Network Analyzer." 8 Maret 2017. Available: [www.fit.labs.telkomuniversity.ac.id](http://www.fit.labs.telkomuniversity.ac.id).
- [4] A. Somantri, A. Pulung dan I. Mimin, "Aplikasi Metode Ground Penetrating Radar Terhadap Pola Retakan Di Bendungan Batu Tegi Lampung," *ejournal.2016*. Available: *ejournal*, <http://ejournal.upi.edu/index.php/wafi>. [Diakses: 2018].
- [5] B. Jehanzeb, M. IEEE, T. Ali, and S. Arshad, "Vector Network Analyzer (VNA) based synthetic aperture radar (SAR) imaging," *2013 16<sup>th</sup> Int. Multi Top. Conf. INMIC 2013*, pp. 207-212, 2013.
- [6] M. Ariyanto, W. Caesarendra, Panduan Belajar Materi MATLAB, Elexmedia Komputindo, 2011.
- [7] S. Noshawan, Vector Network Analyzer (VNA) Measurements and Uncertainty Assessment. 2016.
- [8] W. Wiesbeck and L. Sit, "Radar 2020: The Future of Radar Systems," International Radar Conference 2014, Karlsruhe Institute of Technology Karlsruhe, 2014.
- [9] R. N. Velarosdela, "Antisipasi Pohon Tumbang, 17.401 Pohon Ditebang Di Jakarta Selatan," KOMPAS.COM, 26 November 2018. [Online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2018/11/26/16564891/antisipasi-pohon-tumbang-17401-pohon-ditebang-di-jakarta-selatan>. [Accessed 22 Agustus 2019].