

Antena Monopole Ultra Wide Band (UWB) untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)

Mochamad Jauhar Nur Ainul Sirojuddin

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

e-mail : mochamad.18042@mhs.unesa.ac.id

Nurhayati, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahyaningtijas, Farid Baskoro

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

e-mail : nurhayati@unesa.ac.id, hapsaripeni@unesa.ac.id, faridbaskoro@unesa.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini menjelaskan antena *monopole* dengan frekuensi UWB untuk digunakan pada pencitraan Radar Gelombang mikro yang disebut dengan GPR (*Ground Penetrating Radar*). Pada penelitian ini antena *monopole* digunakan untuk mendeteksi tiga jenis objek dibawah tanah yaitu plat besi, tutup panci dan kaleng. Metode deteksi dilakukan dengan cara menghubungkan antena dengan VNA (*Vector Network Analyzer*) portabel sehingga sinyal yang dipancarkan antena bila mengenai objek akan memiliki parameter S21 (karakteristik parameter *scattering port* 1 terhadap *port* 2) yang berbeda di antena penerima bila dibandingkan dengan kondisi tanpa adanya target. Data S21 yang didapatkan akan diolah menggunakan metode *C-Scan* sehingga lokasi objek/target dapat ditentukan. Dimensi antenna yang digunakan memiliki besar yaitu sebesar 200 mm x 200 mm x 0.035 mm yang dibekerja pada frekuensi 500 MHz – 3 GHz dengan bahan *copper* pada bagian *patch* dan *ground plane* setebal 0.035 mm, dan substrat menggunakan FR-4 *Lossy* dengan ketebalan 1.6 mm. Dari hasil pendeteksian didapatkan bahwa bila objek berada sedalam 5 cm di bawah tanah dan posisi antena diatas tanah 20 cm dengan jarak antara antena 1 dan 2 sebesar 10 cm maka ketiga objek dapat dideteksi lokasinya dan objek besi menunjukkan hasil pendeteksian dengan resolusi yang paling bagus dibandingkan dengan objek yang lainnya.

Kata Kunci: *Wideband antenna, Monopole antenna, Pencitraan GPR, Metode C-Scan.*

Abstract

This study describes a monopole antenna with a UWB frequency for use in Microwave Radar imaging called GPR (*Ground Penetrating Radar*). In this study, monopole antennas are used to detect three types of underground objects, namely iron plates, pot lids and cans. The detection method is carried out by connecting the antenna with a portable VNA (*Vector Network Analyzer*) so that the signal emitted by the antenna when it hits an object will have a different S21 parameter (characteristics of the *scaring port* 1 parameter to port 2) on the receiving antenna when compared to conditions without a target. The obtained S21 data will be processed using the *C-Scan* method so that the location of the object/target can be determined. The dimensions of the antenna used are 200 mm x 200 mm x 0.035 mm which work at a frequency of 500 MHz – 3 GHz with copper material on the patch and ground plane as thick as 0.035 mm, and the substrate uses FR-4 *Lossy* with a thickness of 1.6 mm. . From the detection results, it is found that if the object is as deep as 5 cm below the ground and the position of the antenna above the ground is 20 cm with a distance between antennas 1 and 2 of 10 cm, the location of the three objects can be detected and the iron object shows the detection results with the best resolution compared to the other object.

Keyword: *Wideband antenna, Monopole antenna, GPR imaging, C-Scan method.*

PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, perkembangan teknologi telekomunikasi khususnya dalam pemanfaatan gelombang elektromagnetik berperan aktif dalam penemuan teknologi baru yang banyak membantu

pekerjaan manusia. Hal itu terlihat dari penggunaan sinyal frekuensi yang dapat ditemukan pada perangkat antenna, RADAR (*Radio Detection and Ranging*) dan hal lainnya yang sangat berkaitan dengan sinyal

frekuensi. Salah satu teknologinya adalah pada perangkat GPR (*Ground Penetrating Radar*). Selama ini perangkat yang digunakan untuk aplikasi RADAR khususnya pada aplikasi teknologi GPR biasanya menggunakan teknologi *import* dengan biaya yang sangat tinggi hingga ratusan juta sehingga perlu dikembangkan teknologi karya anak bangsa yang dapat digunakan untuk aplikasi GPR. Komponen utama dalam perangkat untuk aplikasi GPR salah satunya adalah antena karena sebagai *front end* yang memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik.

GPR adalah teknik geofisika yang digunakan untuk mencitrakan permukaan bumi yang dangkal (Roberts dan Daniels, 1996). GPR mengacu pada sistem radar yang dirancang untuk memperoleh posisi atau lokasi objek atau permukaan yang tertanam di tanah atau struktur bagian dalam yang tidak transparan (Daniels, 2007). GPR dapat menghasilkan data dengan resolusi spasial yang sangat tinggi dan data dapat diperoleh dengan cepat (Simi dkk., 2012). Pada penelitian ini, antena yang digunakan adalah antena *monopole* yang bekerja di frekuensi yang lebar (*wideband antenna*) yang akan digunakan untuk aplikasi GPR. Kelebihan yang dimiliki antena *monopole* ini adalah *bandwidth* antena lebar, dapat bekerja di frekuensi rendah serta berbentuk *planar* sehingga mudah terintegrasi dengan perangkat lain secara dengan biaya rendah dan ringan (Agrawall dkk., 1998).

Pada tahun 2002, lembaga *Federal Communication Commission* (FCC) merilis pita frekuensi 3,1 - 10,6 GHz digunakan serta ditetapkan untuk kebutuhan komersial *Ultra-Wideband* (UWB) (Anonim, 2002), sehingga penerapan dari antena UWB diinginkan untuk banyak aplikasi. Pada penelitian ini untuk aplikasi GPR frekuensi antena yang digunakan di frekuensi diantara 500 MHz - 3 GHz. Dalam aplikasi tertentu dimana resolusi temporal yang sangat baik diperlukan, seperti sistem komunikasi UWB pulsa pendek dan aplikasi GPR, yang membutuhkan antena UWB (Cao dkk., 2012). Selain itu, penerapan antena GPR umumnya menggunakan antena *dipole* (Kim dkk., 2005), antena *bowtie* (Sehir dan Lesselier, 2018), (Guo dkk., 2015) dan antena *vivaldi* (Sang dkk., 2017), (Hood dkk., 2008).

Penggunaan *Ground Penetrating Radar* (GPR) biasa digunakan dalam pengaplikasian untuk mem-

perkirakan kadar air dalam beton, mendeteksi korosi tulangan/baja dalam beton, survei geofisika, dan mendeteksi jaringan pipa maupun survei jalan (Kakavand dan Adl-Zarrabi, 2015). Pengambilan data dari alat GPR bisa dilihat pada Gambar 1 dan dalam pengambilan data melalui beberapa cara yaitu *A-Scan*, *B-Scan*, dan *C-Scan* tergantung pada skema pemindaian yang akan diaplikasikan (Özdemir dkk., 2014).

Parameter yang digunakan adalah berupa macam-macam objek dan kedalaman objeknya serta ketinggian antena dari permukaan tanah dan diolah menggunakan *A-Scan*, *B-Scan*, dan *C-Scan* sehingga dapat melihat hasil objek melalui penampilan data grafik, data spasial serta data tiga dimensi apakah akan sesuai dengan keadaan aslinya. Artikel ini terdiri dari empat bab, yaitu bab pertama merupakan pendahuluan, bab kedua berupa metode, bab ketiga berupa hasil dan pembahasan, bab keempat merupakan penutup.

METODE

Rancangan Penelitian

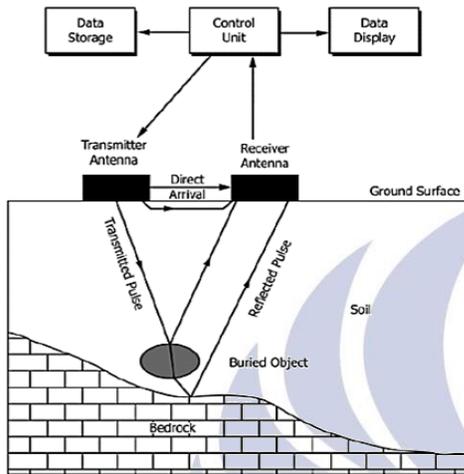
Pada penelitian yang dibahas ini, menggunakan pendekatan penelitian yang menggunakan beberapa langkah. Langkah yang pertama yaitu dengan menentukan desain antena *monopole* yang akan digunakan. Kemudian, jika telah menentukan desain antena yang akan digunakan maka merancang prototipe alat GPR yang nantinya akan digunakan dalam percobaan mendapatkan data. Kemudian, menentukan 3 benda yaitu: plat besi, tutup panci, dan kaleng) yang akan dikubur dengan kedalaman 5 cm dari permukaan media (pasir).

Selanjutnya, pengambilan data untuk penelitian ini menggunakan alat yaitu hardware yang bernama *Nano Vector Network Analyzer* (VNA) yang disambungkan dengan antena *monopole* untuk mengambil sinyal yang dihasilkan oleh antena tersebut. Alat tersebut dipasang dua antena yang berfungsi sebagai *transmitter* atau pemancar dan diterima oleh *receiver* atau penerima. Gelombang yang ditangkap akan diolah menggunakan *software* dari alat *nano VNA* yang bernama *nano VNA Saver*.

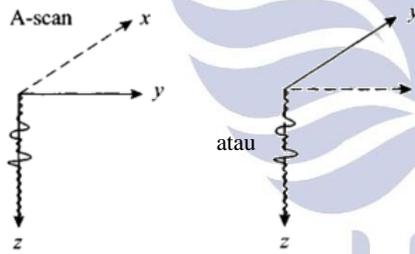
Nano VNA Saver yang berfungsi untuk merekam serta mengelola data agar dapat tersimpan pada perangkat PC atau laptop. Data yang didapatkan akan dilolah di *software* MatLab untuk menampilkan data perbandingan grafik *gain* pencitraan *A-Scan*, dan *C-*

Antena *Monopole Ultra Wide Band (UWB)* untuk Aplikasi *Ground Penetrating Radar (GPR)*

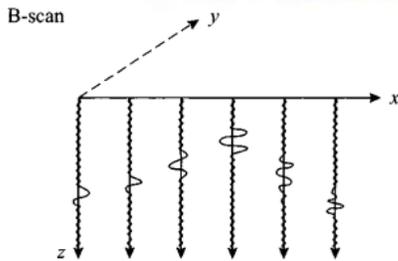
Scan yang diperoleh sebelumnya. Jika data yang didapatkan kurang baik maka akan melakukan proses pengambilan data ulang hingga data yang didapatkan bagus. Setelah mendapatkan data yang bagus, maka membuat kesimpulan dari hasil pencitraan *A-scan*, dan *C-scan*. Diagram alir dari rancangan penelitian yang



Gambar 1. Skema proses penerapan *Ground Penetrating Radar (GPR)* (Kakavand dan Adl-Zarrabi, 2015)

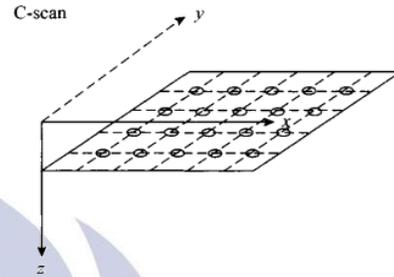


Gambar 2. Sistem koordinat pada proses *A-Scan* (Daniels, 1996)

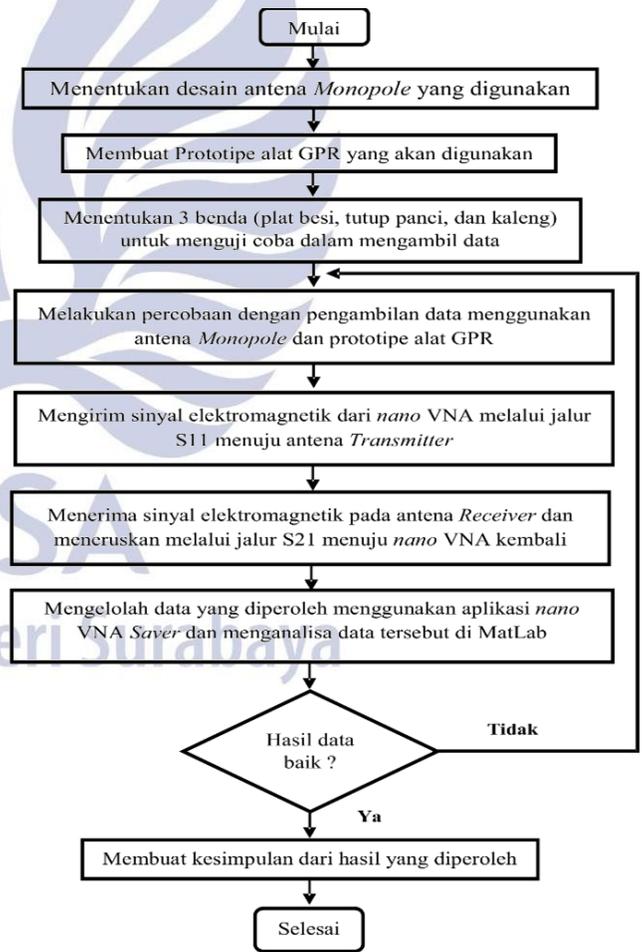


Gambar 3. Sistem koordinat pada proses *B-Scan* (Daniels, 1996)

dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5. Pengolahan data yang telah diambil akan dibandingkan menggunakan *A-Scan* dan *C-Scan*. Namun dalam penerapan pengamatan untuk mengelolah data dari proses alat GPR terdapat 3 cara yaitu *A-Scan*, *B-Scan*, dan *C-Scan*.



Gambar 4. Sistem koordinat pada proses *C-Scan* (Daniels, 1996)



Gambar 5. Diagram alir rancangan penelitian

A-Scan merupakan proses pengumpulan data pada satu titik yang terukur secara statis lihat Gambar 2. Kemudian, *B-Scan* merupakan pergerakan antena GPR dengan menghadap ke bawah dan digerakkan secara lurus sehingga sensor GPR dapat mengumpulkan dan merekam hasil sinyal berbentuk spasial yang berbeda lihat Gambar 3. Selain itu, *C-Scan* merupakan pengambilan data *spasial* secara tiga dimensi yang akan digunakan untuk merekonstruksi dan merepresentasikan pada gambar tiga dimensi yang dimana dalam proses pengambilan data sumbu x sebagai garis panjang dan sumbu y sebagai garis lebar dari luasan bidang yang akan digunakan, dapat dilihat pada Gambar 4 (Özdemir, 2014), (Daniels, 1996).

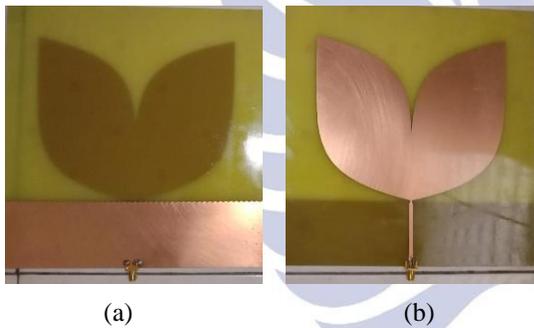
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Antena *Monopole*

Antena UWB *monopole* yang akan digunakan dalam mendeteksi beberapa objek benda (plat besi, tutup panci, dan kaleng) yang telah disediakan serta diletakkan didalam tanah pada kedalaman 5 cm.

Antena ini didesain menggunakan bahan yaitu FR-4 untuk substrat maupun bagian *copper* yang digunakan pada bagian antena dan pencatutan daya. Dimensi desain antena pada artikel ini sebesar 200 mm x 200 mm x 0.035 mm dapat dilihat pada Gambar 6 - 7, yang akan bekerja pada rentangan frekuensi antara 500 Mhz – 3 GHz pada alat prototipe GPR. Parameter dari desain antena *monopole* yang digunakan untuk penelitian berbentuk sirip ikan dan ukuran dalam membentuk sirip ikan dapat dilihat pada tabel 1.

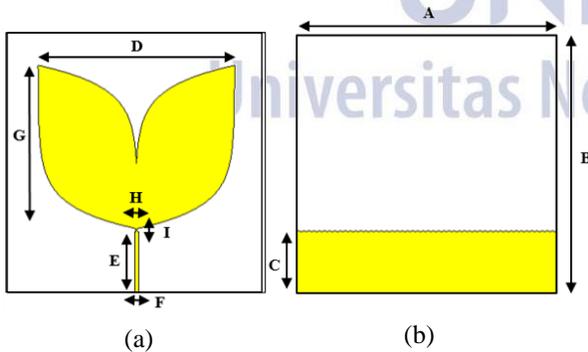
Untuk rentang kerja dari antena *monopole* dapat dilihat pada Gambar 8 yaitu memiliki nilai *return loss* yang bekerja pada frekuensi 0.5 GHz dibawah -10 dB dengan nilai *return loss* terendah sebesar 30.2 dB pada frekuensi 1.9 GHz. Sehingga, pada penelitian yang dilakukan lebih berfokus pada frekuensi 0.5 GHz - 3 GHz dikarenakan nilai dari frekuensi yang paling rendah terletak pada frekuensi 1.9 GHz dan rentang kerja antena ini dimulai pada frekuensi 0.5 GHz.



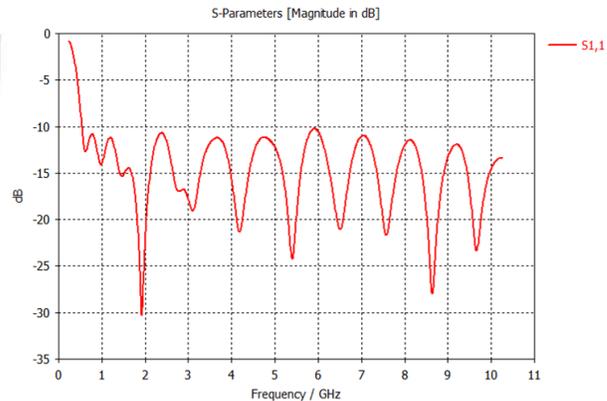
Gambar 6. Desain antena *monopole* (a) tampak belakang, dan (b) tampak depan.

Tabel 1. Parameter antena berdasarkan Gambar 6.

Parameter	Dimensi (mm)
A	200
B	200
C	48.5
D	150
E	50
F	3
G	125
H	1.5
I	2.5



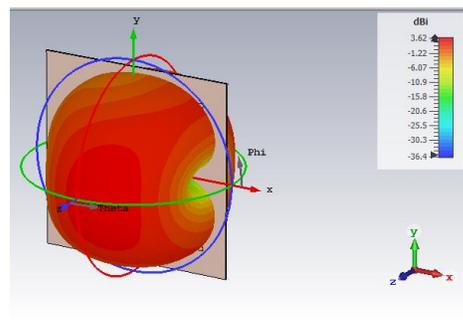
Gambar 7. (a) Dimensi antena Monopole tampak depan, dan (b) tampak belakang.



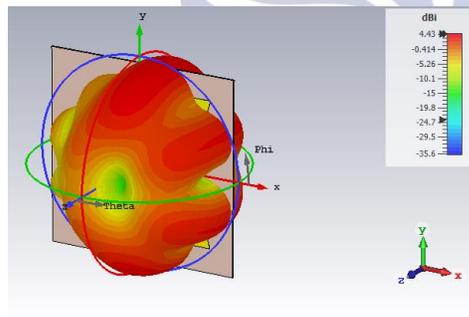
Gambar 8. Rentang kerja frekuensi antena *monopole* yang digunakan

Antena Monopole Ultra Wide Band (UWB) untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)

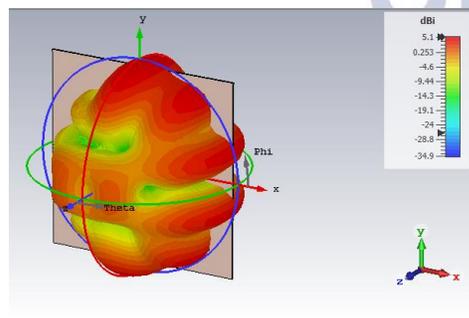
Kemudian, pada Gambar 9 menunjukkan bentuk 3D pola radiasi pada antena *monopole* yang dimana pada $f = 1$ memiliki nilai *gain* dengan tinggi 3.62 dB dan nilai rendahnya pada -36.4 dB. Kemudian, pada $f = 2$ memiliki *gain* dengan tinggi 4.43 dB dan terendah pada nilai -24.7 dB. Selanjutnya, jika $f = 3$ maka memiliki nilai *gain* tertinggi 5.1 dB dan nilai terendahnya sebesar -26 dB. Dimana warna merah menunjukkan tinggi *gain* dari radiasi yang dihasilkan dan warna biru sebagai rendahnya *gain* dari radiasi di antena.



(a)



(b)



(c)

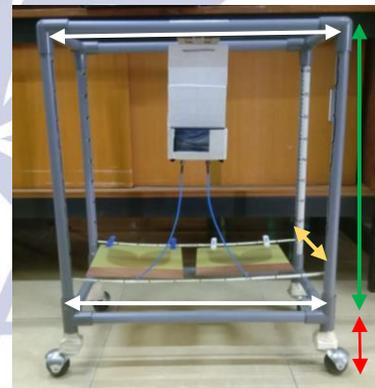
Gambar 9. Pola radiasi antena simulasi 3D pada simulasi *software* CST (a) $f=1$, (b) $f=2$, dan (c) $f=3$.

Prototipe Alat Ground Penetrating Radar (GPR)

Prototipe pada alat *Ground Penetrating Radar* (GPR) terbuat dari sambungan pipa paralon dengan ukuran diameter 2 cm yang disusun menjadi rusuk balok serta ditambahkan 4 roda dibagian bawah. Gambar 10 adalah foto prototipe alat GPR yang digunakan dalam proses penelitian ini. Prototipe ini memiliki ukuran seperti bentuk perangkat *Central Processing Unit* (CPU) yang digunakan pada perangkat komputer. Di bagian tengah terdapat *nano* VNA dapat dilihat pada Gambar 12, yang digunakan sebagai alat untuk mengambil data dari dua antena berupa gelombang



Gambar 10. Prototipe alat GPR yang digunakan



Gambar 11. Rincian dimensi dari prototipe alat GPR

Tabel 2. Parameter prototipe GPR pada Gambar 11.

Parameter	Dimensi (cm)
Putih	44
Merah	20
Hijau	44
Kuning	24

yang berasal dari *transmitter* dan diterima antenna *receiver*. Antena dan *nano VNA* disambungkan menggunakan kabel jenis *Sub Miniature version A* (SMA) yang panjang nya dapat divariasikan sesuai penggunaan.

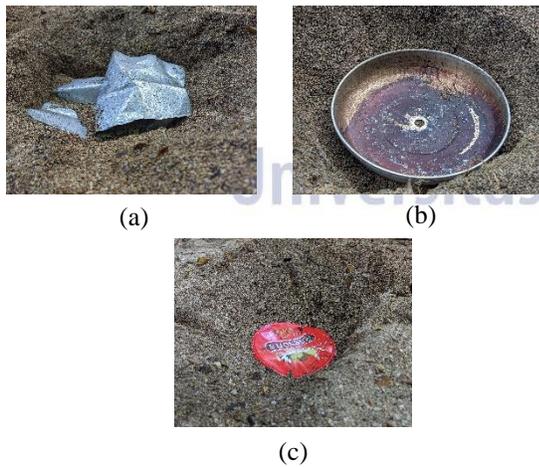
Selain itu, ketinggian antena yang juga dapat diatur menggunakan batang besi sebagai penyangga antena dan dapat diatur dari lubang yang tersedia pada pipa paralon tersebut. Antena diletakkan dibatang penyangga yang berjumlah dua. Satu batang untuk sebagai penyangga dan satu batang lainnya untuk tempat penjempit sehingga antena dapat diatur sesuai dengan keinginan.

Proses Pengambilan Data

Proses yang dilakukan diawali dengan memendamkan objek di dalam media (pasir) yang akan dijadikan target untuk pemindaian dari alat GPR. Benda yang dipendamkan dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (plat besi, tutup panci, dan kaleng) dengan kedalaman 5 cm dari permukaan media (pasir) yang kering dikarenakan



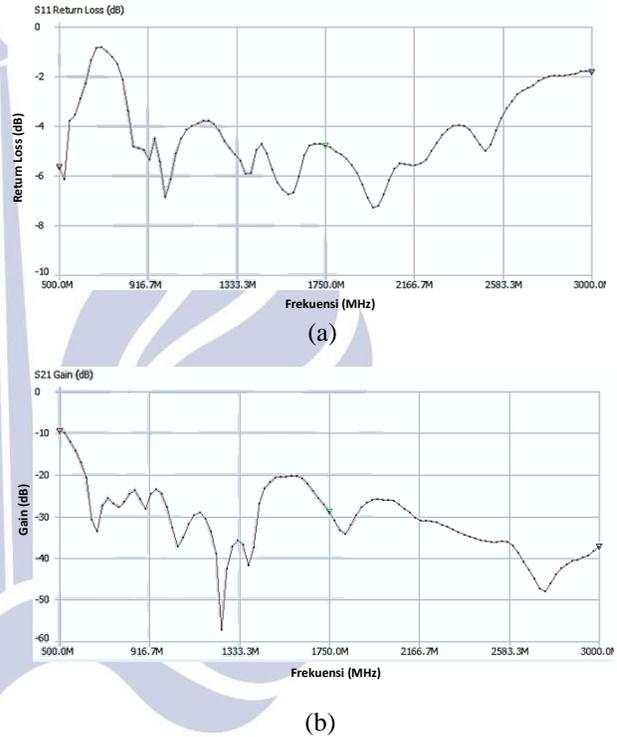
Gambar 12. Alat *nano VNA* prototipe alat GPR



Gambar 13. Beberapa macam target yang digunakan dalam proses percobaan (a) Plat Besi, (b) Tutup Panci, dan (c) Kaleng.

kemampuan dalam proses pengambilan data akan menurun jika media dalam keadaan basah, dapat dilihat pada tabel 3. Objek yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 13 Ketiga target itu terdiri dari: plat besi, tutup panci, dan kaleng merupakan benda yang bisa memberikan hasil yang baik dengan perbandingan tanpa benda.

Dikarenakan jika menggunakan benda yang penyusunnya tidak terbuat dari logam maka hasil yang ditampilkan akan kurang maksimal.



Gambar 14. Hasil pendeteksian data yang ditampilkan oleh *Nano VNA Saver* (a) *Return Loss*, dan (b) *Gain*.

Tabel 3. Nilai untuk resolusi GPR di pasir basah, lembab, dan kering tipikal bergantung pada panjang gelombang GPR. (Jol, 2009)

Antena pusat frekuensi (MHz)	Media pasir jenuh (0.06 m ns ⁻¹)	Media pasir lembab (0.1 m ns ⁻¹)	Media pasir kering (0.15 m ns ⁻¹)
50	0.3 m	0.5 m	0.75 m
100	0.15 m	0.25 m	0.375 m
200	0.075 m	0.125 m	0.1875 m
400	0.0375 m	0.0625 m	0.09375 m

Sinyal yang dipantulkan oleh antenna *transmitter* dan diterima kembali oleh antenna *receiver* akan dapat dilihat hasilnya ketika data sudah diolah.

Sebelum pengolahan data, proses yang dilakukan terlebih dahulu yaitu dengan melakukan proses pemindaian / *scanning* yang dilakukan pada bidang 200 x 100 cm. Pendeteksian awal dilakukan ketika alat sudah berada di jarak 12.5 cm dan diberikan jarak antara benda sejauh 60 cm yang diposisikan secara acak yaitu benda A ada di bagian koordinat (x = 37, y = 37), benda B ada di bagian koordinat (x = 100, y = 76), dan benda C ada di bagian koordinat (x = 163, y = 57).

Proses pendeteksian atau pengambilan data dilakukan setiap alat GPR bergerak sejauh 10 cm hingga jarak 200 cm dengan pergerakan secara horisontal sesuai sumbu x. Kemudian, melakukan hal yang sama dengan memindahkan alat GPR mengikuti sumbu y dengan mengambil data kembali hampir sama seperti sumbu x sebelumnya lihat Gambar 4. Data yang didapatkan berasal dari hasil yang ditunjukkan oleh *Nano VNA* ditampilkan di laptop yang dapat dilihat di aplikasi *Nano VNA Saver* berupa *return loss* dan *gain* sesuai antenna yang sedang disambungkan dengan alat tersebut. Bentuk data hasil *return loss* dan *gain* yang ditampilkan *Nano VNA Saver* seperti pada Gambar 14.

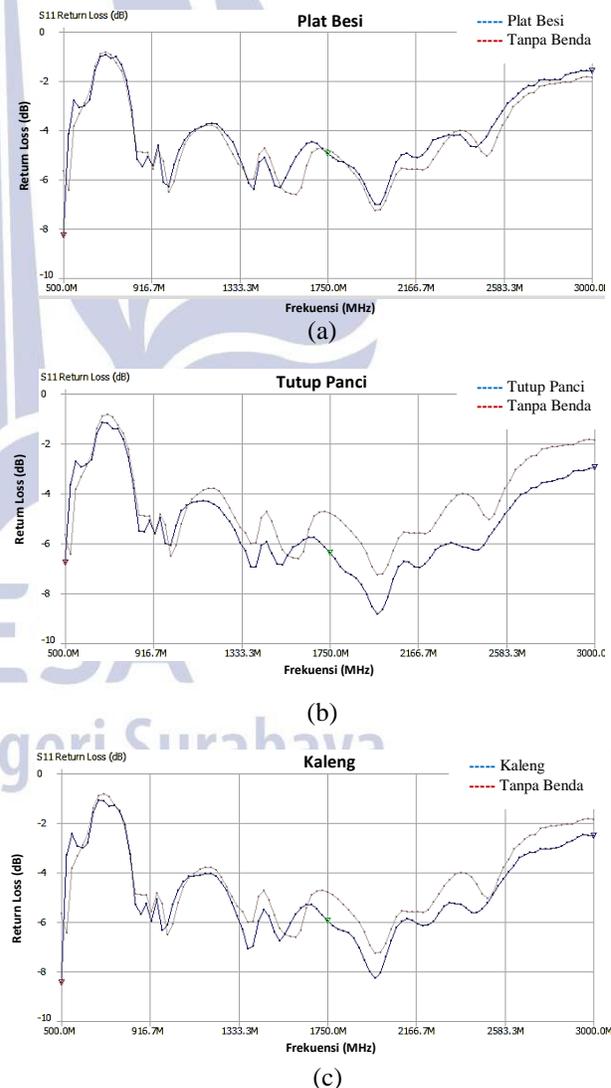
Setelah data dapat ditampilkan oleh *Nano VNA Saver*, maka hasil yang didapat akan bisa direkam atau disimpan dengan cara *save* data tersebut kedalam file dengan format *Comma Separated Value (CSV)* sehingga dapat di *import* ke aplikasi *MatLab* yaitu berupa program *A-Scan*, dan *C-Scan*.

Parameter *Scattering* pada GPR

Scattering merupakan suatu proses perambatan gelombang seperti radiasi, cahaya, suara, ataupun partikel bergerak, yang ditekan sehingga terjadinya penyimpangan dari jalurnya oleh partikel pada medium yang dilaluinya. *Scattering* dapat terjadi apabila medium atau tempat gelombang merambat terdiri dari benda atau objek (partikel) yang memiliki ukuran kecil dibandingkan dengan panjang gelombangnya dengan memiliki jumlah per satuan volumenya yang cukup besar. Proses mekanisme *scattering* dapat menyebabkan gelombang berjalan secara acak, sehingga transmisi gelombang radio dengan mekanisme *scattering* namun memiliki

efisiensi yang tidak begitu baik (Arslanagic dkk., 2013).

Hal yang dapat dianalisa dari data yang didapatkan yaitu dengan membandingkan nilai *scattering* antara data tanpa target dengan target a (plat besi), b (tutup panci), dan c (kaleng). Sehingga bisa melihat bagaimana sinyal akan berpengaruh ketika ada objek dan tanpa objek berupa nilai *return loss* dapat dilihat pada Gambar 15. Dimana nilai yang didapat dari benda (plat besi, tutup panci, dan kaleng) dengan nilai dari tanpa objek bahwa terjadinya perubahan bentuk grafik yang terlihat sehingga mengidentifikasi adanya benda didalam tanah dengan tidak ada benda maka akan merusak keadaan bentuk grafik dari *return loss* tanpa benda.



Gambar 15. Bentuk grafik dari *nano VNA saver* yaitu *return loss* tanpa benda dengan benda (a) plat besi, (b) tutup panci, dan (c) kaleng.

Kemudian, nilai *scattering A-Scan* pada Gambar 16 menjelaskan bentuk dari data yang didapat pada pemrosesan S21 bahwa data yang menunjukkan perubahan terdapat pada nilai *gain* dimana untuk nilai dari ketiga benda dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5. Data nilai tertinggi dihasilkan dari nilai di bawah (-10 dB). Sehingga membuktikan *gain* antara ada benda dan tidak ada benda akan menghasilkan data yang berbeda. Kemudian, unsur penyusun dari ketiga benda (logam) tersebut mempengaruhi seberapa bentuk *gain* yang akan dihasilkan dalam grafik perbandingan pada pemrosesan *scattering* atau *A-Scan*.

Hasil Percobaan dengan Menampilkan Perbandingan A-Scan (Grafik), dan C-Scan (Peta)
 Data yang didapat yang dihasilkan dari proses pengolahan dan dapat ditampilkan di program MatLab berupa grafik dan peta atau biasa disebut *A-Scan*, dan *C-Scan*.

a. Perbandingan Grafik Parameter Scattering atau A-Scan.

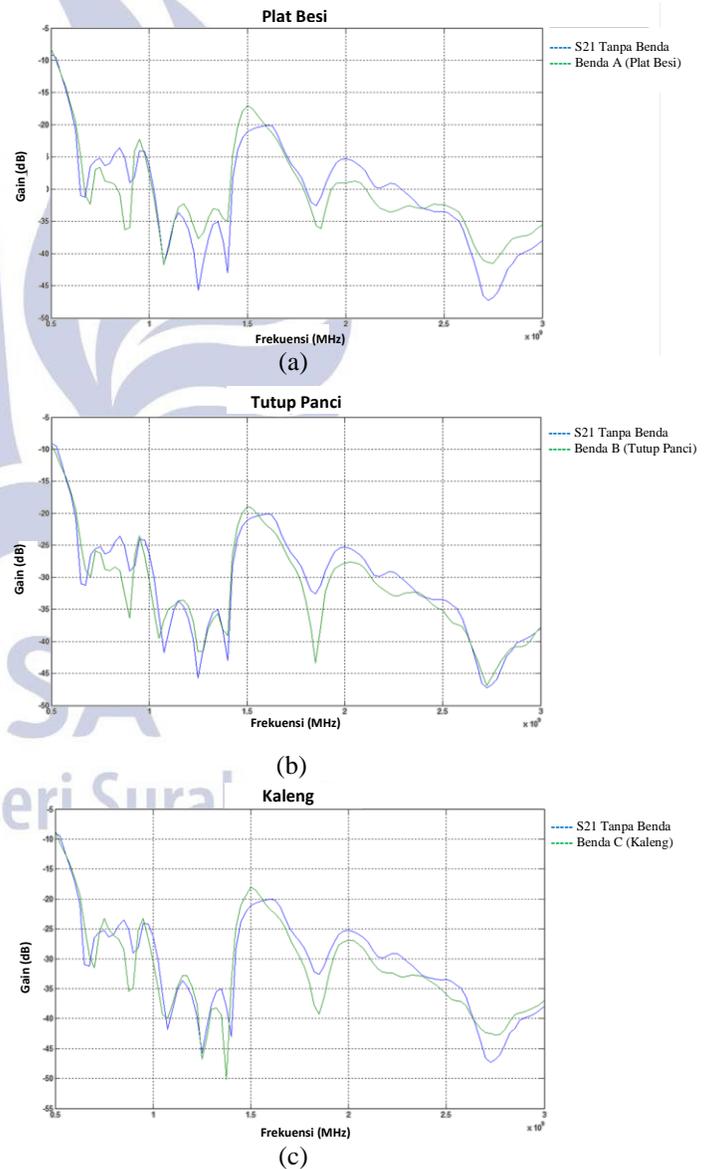
Hasil perbandingan parameter *scattering* sebelumnya sudah ditampilkan pada aplikasi *Nano VNA Saver*. Namun, agar data yang ditampilkan lebih maksimal maka dikelola menggunakan aplikasi MatLab yang dapat menampilkan gambar yang dapat memuat beberapa data grafik lebih banyak yang ditampilkan pada satu gambar grafik. Sehingga akan membantu peneliti dalam mengamati hasil dari pengambilan data yang didapat dengan mengelolah dan membandingkan banyak data *scattering* dalam waktu bersamaan sekaligus.

Tabel 4. Nilai *gain* tertinggi yang didapat dari data proses *scattering* atau *A-Scan* pada Gambar 16.

Data Sinyal	Frekuensi (GHz)	Nilai <i>gain</i> Tertinggi (dB)
Tidak Ada Benda	1.60	-20.05
Benda A (Plat Besi)	1.49	-16.83
Benda B (Tutup Panci)	1.50	-18.98
Benda C (Kaleng)	1.48	-17.97

Tabel 5. Nilai *gain* terendah yang didapat dari data proses *scattering* atau *A-Scan* pada Gambar 16.

Data Sinyal	Frekuensi (GHz)	Nilai <i>gain</i> Terendah (dB)
Tidak Ada Benda	2.73	-47.28
Benda A (Plat Besi)	1.10	-45.55
Benda B (Tutup Panci)	2.73	-47.01
Benda C (Kaleng)	2.72	-42.46



Gambar 16. Hasil data *run script* parameter *scattering* yang ditampilkan oleh MatLab menggunakan *A-Scan* (a) Plat Besi, (b) Tutup Panci, dan (c) Kaleng.

1) **Benda A (Plat Besi), Benda B (Tutup Panci), dan Benda C (Kaleng)**

Untuk menampilkan hasil grafik *scattering* plat besi dengan data *pseudocode* seperti berikut ini.

- **Input:**
Memasukkan file data “tanpa benda” dan “benda A”, ”benda B”, “benda C”.
- **Process:**
Menampilkan data perbandingan
- **Output:**
Memunculkan gambar yang telah dipanggil sebelumnya.

Tampilan grafik setelah program di *running* dapat dilihat pada gambar 16.

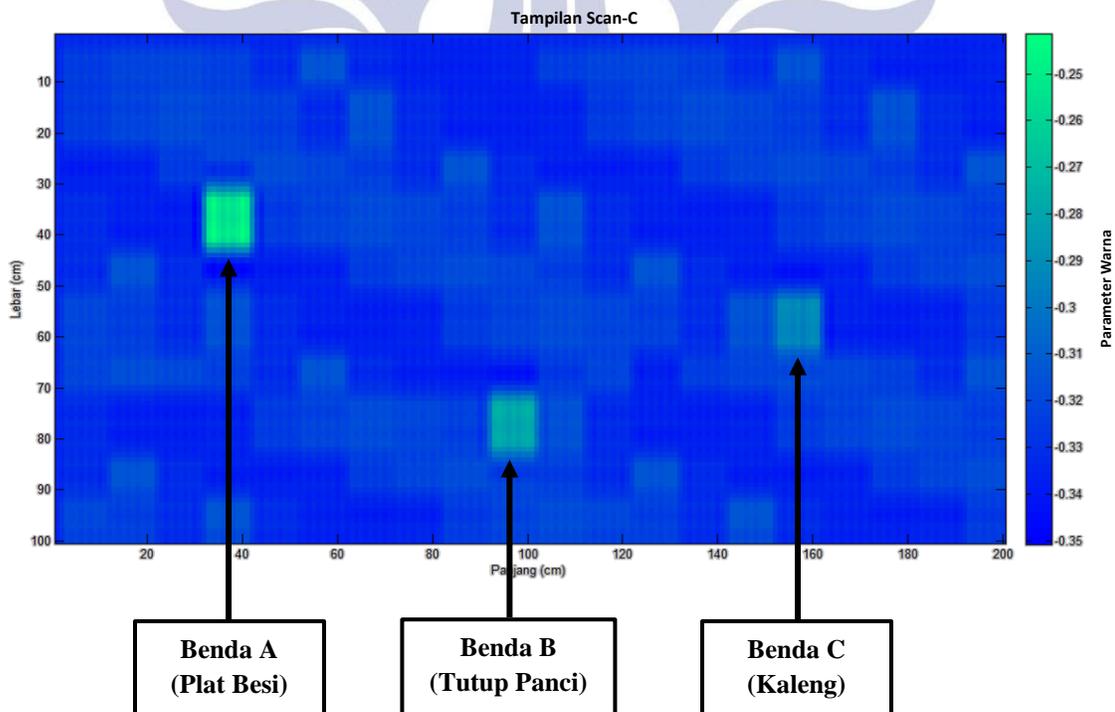
b. **Perbandingan pada Metode C-Scan**

Hasil perbandingan metode *C-Scan* merupakan proses dalam menentukan titik koordinat posisi letak benda pada suatu luasan pada bidang yang telah ditentukan sebelumnya. Posisi benda dengan posisi yang tidak ada benda akan menghasilkan data yang dapat ditentukan dengan perbedaan warna yang tampak pada gambar

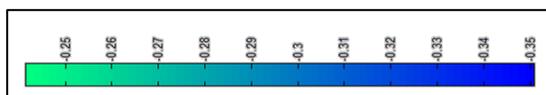
berupa *map* atau peta yang ukuran luasannya dapat diatur sesuai keadaan dilapangan dalam proses pengambilan data. Namun, keadaan *map* yang ditampilkan oleh metode *C-Scan* akan dipengaruhi juga dari keadaan hasil data yang di dapat dari proses *scattering* dan bahan pembangun benda tersebut sehingga tampak berbeda dari warna yang akan ditampilkan pada *map*.

- **Input:**
Memasukkan file data tanpa benda dan benda A, benda B, dan benda C
- **Process:**
Mengatur data yang didapatkan sesuai koordinat yang sama dengan keadaan proses pengambilan data serta menampilkan data perbandingan.
- **Output:**
Memunculkan gambar yang telah dipanggil

Tampilan hasil proses *running script* tersebut dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil dari metode *C-Scan* yang ditampilkan oleh MatLab (a) Plat Besi, (b) Tutup Panci, dan (c) Kaleng.



Gambar 18. Grafik warna untuk melihat keberadaan objek benda dengan tidak ada benda

Hasil yang ditampilkan oleh Gambar 17, yaitu warna yang tampak berbeda antara data ada benda (benda A, benda B, dan benda C) dan tidak ada benda. Warna benda yang ditunjukkan memiliki warna samar sehingga kurang tampak jelas untuk membedakannya dengan data tanpa benda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 18, bahwa warna yang muncul dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kabel, media (tanah), dan *power* yang masuk ke dalam *nano VNA*. Pengaruh dari kondisi kabel untuk penghubung *nano VNA* dengan antena jika dalam proses pengambilan data, kabel itu bergerak sedikit maka akan mendapatkan nilai yang berbeda, sehingga nilai data yang didapat akan tidak sama dengan nilai data yang diambil selanjutnya.

Pada Gambar 18, menjelaskan urutan grafik warna yang digunakan sebagai indikasi dimana warna yang paling terang menjadi penanda bahwa perbedaan sangat terlihat pada data “ada benda” dibandingkan keadaan data “tidak ada benda”. Data “tidak ada benda” digunakan sebagai nilai *background* atau warna dasar alas dari suatu *map* dan ketika digabungkan dengan data “ada benda” yaitu benda A, benda B, dan benda C, maka akan terlihat jelas pada *map* sehingga bisa membedakan keadaan benda hanya dilihat dari warna berbeda yang berada pada *map*.

Kemudian kondisi media (pasir) yang digunakan mempengaruhi nilai data dimana saat pengambilan data diperlukan media yang kering. Karena saat pengukuran data ketika media (pasir) dalam keadaan basah, akan mengganggu nilai dari gelombang elektromagnetik yang diperoleh oleh antena *receiver*. Jika media dalam kondisi tidak kering atau basah, maka akan terjadinya peredaman sinyal yang dimana sinyal tersebut akan dipantulkan lebih sedikit oleh benda dan antena *receiver* mendapatkan data sinyal yang kurang baik.

Selain dari pengaruh kabel dan media (pasir), *power supply* juga mempengaruhi dari data yang diterima. Karena kinerja dari *nano VNA* akan kurang maksimal sehingga kekuatan sinyal yang dikeluarkan oleh antena *transmitter* akan lebih rendah dan antena

receiver menerima data mendapat nilai yang kurang baik.

PENUTUP

Simpulan

Melihat hasil yang diperoleh dari proses pendeteksian oleh GPR, maka dapat disimpulkan bahwa nilai *scattering* ketika adanya benda dan tidak ada benda akan menghasilkan data yang berbeda. Dikarenakan sinyal akan terpengaruhi oleh adanya benda dan tanpa benda. Selain itu, kemampuan jenis bahan penyusun benda mempengaruhi kekuatan pantul sinyal dari benda A (plat besi), benda B (tutup panci), dan benda C (kaleng) yang akan diterima oleh *nano VNA*. Berbagai faktor juga mempengaruhi untuk mendapat nilai sinyal yang baik seperti pengaruh dari kabel, keadaan media, dan *power supply*. Sehingga, didapatkan nilai data yang akan mempengaruhi tampilan warna benda pada metode *C-Scan* dimana warna akan menunjukkan lebih terang jika ada benda dibandingkan dengan data yang tidak ada benda (lebih gelap).

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat digunakan sebagai rujukkan dalam pengembangan penelitian alat GPR. Penggunaan antena monopole dengan gain yang besar akan lebih baik hasilnya jika menggunakan media yang kering (tanah atau pasir) dan menggunakan perangkat *nano VNA saver* yang bisa membaca gain nilai lebih dari 3 GHz agar data yang ditampilkan akan lebih banyak dan detail dari spesifikasi dari antena yang dimiliki.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawall N.P., G. Kumar dan K.P.Ray. 1998. *Wide-band planar monopole antennas*. IEEE Trans Antennas Propag 46. 294-295.
- Anonim. 2022. *First Report and Order in the Matter of Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems*. Federal Communication Commission ET-Docket 98-153.
- Arslanagic, S., Hansen, T. V., Mortensen, N. A., Gregersen, A. H., Sigmund, O., Ziolkowski, R. W. dan Breinbjerg, O. 2013. *A review of the scattering-parameter extraction method*

- with clarification of ambiguity issues in relation to metamaterial homogenization.* IEEE Antennas and Propagation Magazine, 55(2). 91-106.
- Cao P., Y. Huang dan J. Zhang. 2012. *A UWB monopole antenna for GPR application.* Proc. 6th Eur. Conf. Antennas Propagation, EuCAP 2012, pp. 2837–2840. d
- Daniels D. J., 2007. *Ground Penetrating Radar, 2nd ed.* London: Institution of Engineering and Technology. pp.1.
- Daniels D. J. 1996. *Surface-Penetrating Radar.* IEEE Press. Electronics & Communication Engineering Journal, IET
- Guo L., B. Xiao, M. Li, H. Yang dan H. Lin. 2015. *A high-gain and frequency-tunable bow tie antenna with epsilon-negative metasurface.* J. Electromagn. Waves Appl., vol. 29, no. 5, pp. 693–702.
- Hood A. Z., T. Karacolak dan E. Topsakal. 2008. *A small antipodal vivaldi antenna for ultrawide-band applications.* IEEE Antennas Wireless Propag. Lett. vol. 7. pp. 656–660.
- Jol Harry M. 2009. *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications.* Oxford: Elsevier's Science and Technology Rights Department. pp.1.
- Kakavand, A. dan Adl-Zarrabi, B. 2005. *Introduction of Possible Inspection Methods for Evaluating Thermal Aging Status of Existing Pre-Insulated District Heating Systems.* University of Technology: Gothenburg, Sweden. pp. 1–29.
- Kim K., W. R. Scott dan S. Member. 2005 *Design of a Resistively loaded Vee dipole for radar applications.* IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53. no. 8. pp. 2525–2532.
- Özdemir, C., Demirci, Ş, Yigit, E. dan Yilmaz, B. 2014. *A review on migration methods in B-scan ground penetrating radar imaging.* Mathematical Problems in Engineering. 1-16.
- Roberts R. L. dan J. J. Daniels. 1996. *Analysis of GPR Polarization Phenomena.* J. Environ. Eng. Geophys. vol. 1. no. 2. pp. 139–157.
- Sang L., X. Li, T. Chen dan G. Lv. 2017. *Analysis and design of tapered slot antenna with high gain for ultra-wideband based on optimisation of the metamaterial unit layout.* IET Microw., Antennas Propag. vol. 11. no. 6. pp. 907–914.
- Serhir M. dan D. Lesselier. 2018. *Wideband reflector-backed folded bowtie antenna for ground penetrating radar.* IEEE Trans. Antennas Propag. vol. 66. no. 3. pp. 1056–1063.
- Simi A., G. Manacorda dan A. Benedetto. 2012. *Bridge deck survey with high resolution Ground Penetrating Radar.* 14th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR). pp. 489–495.