

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B - Scan

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B – Scan

Ramadhani Arie Sadewa Setiyanto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : ramadhani.18043@mhs.unesa.ac.id

Nurhayati, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahyaningtijas, Lusiarakhmawati

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : nurhayati@unesa.ac.id, hapsaripeni@unesa.ac.id, lusiarakhmawati@unesa.ac.id

Abstrak

Pada artikel ini, menjelaskan penggunaan antena Vivaldi Antipodal untuk *Ground Penetrating Radar* (GPR) yang bekerja pada rentang frekuensi 1,5 GHz hingga 4 GHz. Pada penelitian ini, antena Vivaldi Antipodal dengan ukuran 15x15 cm digunakan untuk pendeteksian objek di dalam tanah dengan menggunakan alat nano *Vector Network Analyzer* (VNA) dan laptop sebagai pengolah data. Sinyal yang dipancarkan oleh antena melalui VNA dari port 1 jika terkena objek akan terpantulkan dan mengubah parameter skatering dari antena penerima di port 2. Sinyal yang diterima akan diolah menggunakan metode B – Scan sehingga lokasi objek dalam tanah dapat terdeteksi. Proses pendeteksian dengan GPR dilakukan dengan mengambil data antara ada target dan tanpa target, di mana antena Vivaldi Antipodal diletakkan 10 cm di atas permukaan tanah dan jarak antar antena Vivaldi Antipodal sebesar 15 cm. Penelitian ini menggunakan objek berbahan besi, batu, serta kayu yang dikubur 5 cm di bawah permukaan tanah yang nantinya posisi dari objek tersebut dapat diketahui menggunakan parameter uji berupa Skatering. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan MatLab, diperoleh hasil bahwa Tutup Kaleng menunjukkan hasil pendeteksian yang terlihat lebih jelas dibandingkan dengan objek lainnya.

Kata kunci: Vivaldi Antipodal, Ground Penetrating Radar, Metode B – Scan.

Abstract

In this article, we describe the use of the Vivaldi Antipodal antenna for Ground Penetrating Radar (GPR) which works in the 1.5 GHz to 4 GHz frequency range. In this study, the Vivaldi Antipodal antenna with a size of 15x15 cm was used to detect objects in the ground using a nano Vector Network Analyzer (VNA) and a laptop as a data processor. The signal emitted by the antenna via VNA from port 1 if an object hits it will be reflected and change the scattering parameters of the receiving antenna in port 2. The received signal will be processed using the B – Scan method so that the location of objects on the ground can be detected. The detection process with GPR is by taking data between there is a target and without a target, where the Vivaldi Antipodal antenna is placed 10 cm above the ground and the distance between the Vivaldi Antipodal antenna is 15 cm. This study uses objects made of iron, stone, and wood buried 5 cm below the ground surface which later the position of the object can be known using the test parameter in the form of Scatering. Based on the results of data processing using MatLab, it was found that Can Lid showed more clear detection results compared to other objects.

Keywords: Vivaldi Antipodal, Ground Penetrating Radar, B – Scan Method.

PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi dari teknologi telekomunikasi adalah *Radio Detection and Ranging* atau yang bisa kita sebut dengan Radar. Radar merupakan sebuah sistem yang memancarkan gelombang sinyal berupa elektromagnetik ke udara sekaligus menangkapnya kembali, hal ini sejalan dengan fungsi dari radar itu sendiri yaitu mendeteksi atau mengukur jarak (Fadholi, 2013). Teknologi radar dapat digunakan untuk aplikasi kontrol lalu lintas, penginderaan nirkabel, pendeteksian benda bawah tanah maupun di balik dinding, *medical imaging*, dan teknologi *microwave imaging* lainnya (Zheng, dkk, 2019). Salah satu teknologi radar yang perlu dikembangkan

adalah *Ground Penetrating Radar* (GPR).

Ground Penetrating Radar (GPR) dapat disebut juga dengan Georadar, merupakan bagian dari metode geofisika di mana alat tersebut digunakan untuk melacak suatu benda yang berada di bawah permukaan tanah ataupun bahan material dielektrik dengan tingkat *loss* yang rendah, seperti kayu, beton, aspal, dan lain – lain, dengan menggunakan pulsa atau gelombang radio berfrekuensi tinggi (terpolarisasi) (Jol, 2009). Seperti alat komunikasi pada umumnya, GPR juga memiliki *transmitter* dan juga *reciever* yang memancarkan gelombang radio untuk memindai atau mendeteksi objek di bawah permukaan tanah. Standart dari GPR sendiri meliputi bobot yang tidak terlalu berat, ukuran yang kompak dengan *bandwidth*

impedansi yang luas, variasi gain yang konstan, efisiensi tinggi, serta rendah dispersi (Kundu dan Jana, 2018). Antena yang sering dan paling bagus digunakan untuk aplikasi GPR adalah antena *Bow-Tie* dan antena *TEM Horn*, serta ada pula jenis antena lain yang digunakan untuk aplikasi GPR antara lain *vivaldi*, *valentine*, *rugby ball*, *log periodic*, dsb (Chakrabarti, dkk, 2016). Namun pada (Wibowo, 2017) dan (Mallahzadeh dan Karshenas, 2009) mengatakan bahwa antena *Bow-Tie* dan *TEM Horn* memiliki kelemahan di mana *gain* yang rendah serta pola radiasinya mudah terdistorsi dan terefleksi karena terbuat dari bahan yang resistif sehingga efisiensinya tidak terlalu tinggi.

Berdasarkan aplikasinya, terdapat 3 jenis pencitraan hasil pendeteksian GPR, yakni *A – Scan*, *B– Scan*, dan *C – Scan* (Özdemir, dkk, 2014). Untuk menampilkan metode *B – Scan*, diperlukan proses *scanning* dengan antena yang menghadap ke bawah, digerakkan sepanjang area yang digunakan kemudian antena pada GPR akan menangkap dan merekam medan yang dilaluinya. Hal tersebut juga berlaku pada pencitraan *A – Scan* (Özdemir, dkk, 2014). Data yang dihimpun dalam proses pemindaian GPR menggunakan domain waktu dengan merekam respon hamburan dari pulsa domain waktu (Özdemir, dkk, 2014). Salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan *B – Scan* adalah teknik pengolahan citra. Pada pencitraan *B-scan*, data *S11* dan *S21* dari GPR diolah untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai objek yang terdeteksi di bawah tanah sehingga memudahkan pengguna untuk mendefinisikan objek tersebut (Alindra, dkk, 2017).

Vivaldi antena merupakan salah satu jenis kelas *Tapered Slot Antennas* (TSA) yang bekerja menggunakan prinsip “gelombang antena bergerak” dengan pola radiasi *end-fire* (Elsheakh dan Abdallah, 2014), pola radiasi *end-fire* inilah yang membuat antena jenis ini banyak digunakan sebagai radar atau pendeteksi. Penggunaan vivaldi antena sebagai teknologi komunikasi yang komersial hingga radio astronomi, pertama kali dirintis oleh P. J. Gibson pada jurnal penelitiannya yang dirilis tahun 1979 (Pandey, dkk, 2014). Antena Vivaldi telah banyak dipelajari dan digunakan karena keunggulannya yakni struktur yang sederhana serta ringan, *bandwidth* yang lebar, efisiensi dan *gain*-nya yang tinggi pula (Deng dan Xie, 2009).

Keefisiensinya sejalan dengan pembuatan antena tersebut yang tidak terlalu memakan banyak waktu, karena telah adanya teknologi *printed circuit* (Elsheakh dan Abdallah, 2014). Pengaplikasiannya

lebih banyak ke teknologi – teknologi yang mengadopsi *Ultra Wide-Band* (UWB) seperti *Ground Penetrating Radar* (GPR) karena kelebihan *wideband*-nya, sehingga sangat efektif digunakan untuk ini, laluada Sistem Komunikasi UWB, Sistem Pencitraan UWB, *Remote Sensing*, serta *Microwave Imaging* (Reid, dkk, 2012). Namun, pada penelitian yang dijelaskan pada jurnal (Deng dan Xie, 2009) bahwa ukuran dari antena vivaldi sangat mempengaruhi pola radiasi. Pola radiasi ini dipengaruhi oleh listrik yang mengalir pada antena, jika ukuran antenanya kecil maka listrik yang mengalir pada antena tersebut juga menyusut yang menyebabkan karakteristik radiasi dan impedansinya memburuk (Deng dan Xie, 2009), di mana GPR menggunakan frekuensi gelombang mikro (di atas 1 GHz) (Reid, dkk, 2012). Pada jurnal penelitian (Knott dan Bell, 2001) menjelaskan bahwa antena vivaldi memang bekerja pada frekuensi yang rendah. Kemudian pada (Yin, dkk, 2006) mengusulkan penggunaan antena slot yang meruncing dengan diberi resistor untuk penggunaan Radar. Dengan memodifikasi bentuk lengan *flare slotline* dan memusatkan arus listrik ke titik yang telah diberi resistor tadi, dapat mengurangi ukuran antena. Namun tetap saja *gain* dan efisiensi radiasi juga ikut berkurang, dan yang lebih parah *bandwidth*-nya menjadi terbatas (Yin, dkk, 2006).

Antena Vivaldi Antipodal (AVA) menarik minat banyak peneliti karena spesifikasinya yang cukup menarik (Dixit dan Kumar, 2020). *Gain* yang tinggi, *Bandwidth* yang lebar, minim kehilangan radiasi, dan pola radiasi yang stabil membuat AVA cukup mampu untuk mengikuti perkembangan perangkat canggih yang beroperasi untuk UWB, komunikasi 5G, komunikasi gelombang milimeter maupun mikrometer (Dixit dan Kumar, 2020). Menurut Jiyu Guo, dkk pada jurnal penelitiannya, AVA cocok digunakan pada GPR yang membutuhkan *bandwidth* lebar dan *gain* tinggi, sesuai dengan kelebihan AVA itu sendiri (Guo, dkk., 2019).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui performa GPR ketika menggunakan antena Vivaldi Antipodal untuk mendeteksi 3 objek berbeda, melalui perbandingan grafik parameter *scattering*, di mana *scattering* adalah fenomena ketika gelombang radiasi elektromagnetik berinteraksi dengan materi pada saat dilepaskan, serta metode *B – Scan*, yang dapat menyajikan analisis gambar dalam banyak pendekatan, yang paling umum adalah metode *Hough Transform* (teknik ekstraksi fitur yang digunakan dalam analisis citra, visi komputer, dan pemrosesan

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B - Scan

citra digital) (Ozkaya, dkk, 2020). Pertama akan ditampilkan grafik parameter *scattering* hasil pendeteksian dari berbagai macam objek yang akan diuji, maupun wilayah tanpa objek. Grafik – grafik tersebut akan menjadi pembanding dan sebagai bahan analisa untuk menentukan objek apa yang paling mungkin dapat dideteksi oleh GPR dengan menggunakan antena Vivaldi Antipodal. Kemudian ada metode *B – Scan* yang akan menampilkan letak dari sebuah objek berdasarkan sumbu *x* (sepanjang areal *scanning* GPR).

METODE

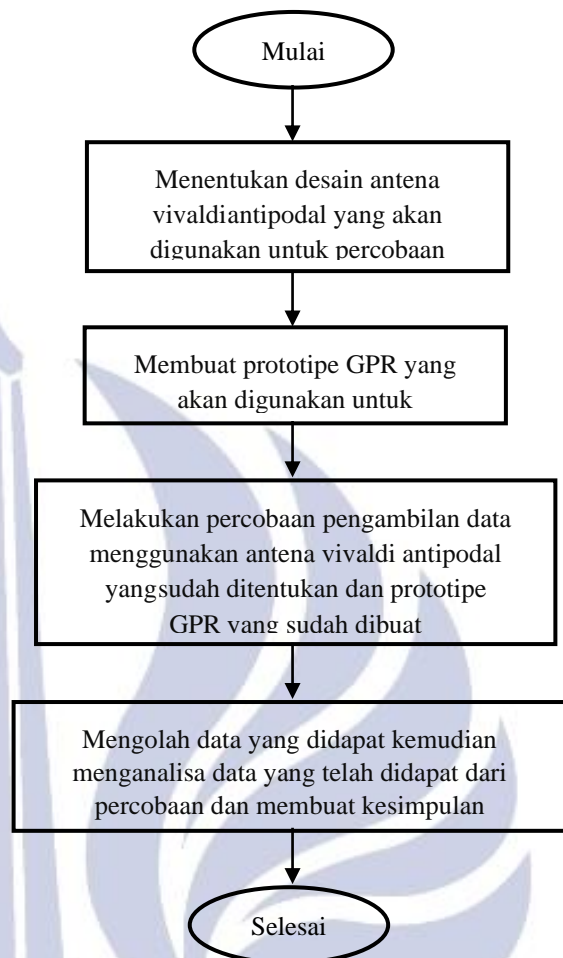
Pendekatan Penelitian

Pada artikel ilmiah ini, metode pendekatan penelitian yang digunakan merupakan pendekatan eksperimen. Metode eksperimen bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya, atau dapat juga menguji hubungan aksi reaksi antara 2 variabel yang telah ditentukan. Data – data yang ada pada eksperimen tersebut merupakan data yang diambil dari beberapa sumber berupa artikel ilmiah, tesis, maupun skripsi yang telah lulus uji.

Penelitian ini dilakukan menggunakan *hardware Nano Vector Network Analyzer (VNA)* yang berfungsi sebagai sumber daya untuk antena yang nantinya akan memancarkan gelombang sinyal, serta *software Nano VNA Saver* yang berfungsi untuk merekam dan mengambil data yang didapat dari proses pemindaian. Sebagai *finishing*, *software* MatLab digunakan untuk menampilkan perbandingan grafik parameter *scattering* pencitraan *B – Scan* berdasarkan data yang diperoleh sebelumnya.

Rancangan Penelitian

Gambar 1 merupakan diagram alir dari rancangan penelitian yang dilakukan. Tahap pertama adalah menentukan desain antena yang akan digunakan untuk menjadi *transmitter* dan *reciever* pada GPR. Kemudian mulai merancang bentuk GPR itu sendiri. Setelah terancang dengan baik, selanjutnya adalah membuat prototipe sesuai rancangan yang sudah dibuat. Setelah semua sudah lengkap, lalu melakukan percobaan pemindaian menggunakan prototipe GPR yang sudah dibuat sebelumnya, yang mana di dalamnya terdapat sepasang antena Vivaldi Antipodal yang digunakan untuk sensor GPR itu sendiri. Setelah percobaan selesai, maka langkah terakhir adalah mengolah data yang diperoleh agar dapat dianalisa kinerja antena tersebut. Ketika proses analisa telah selesai, maka suatu kesimpulan dapat diperoleh.

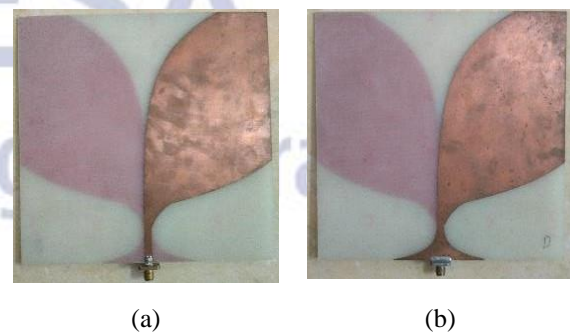


Gambar 1. Diagram alir rancangan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

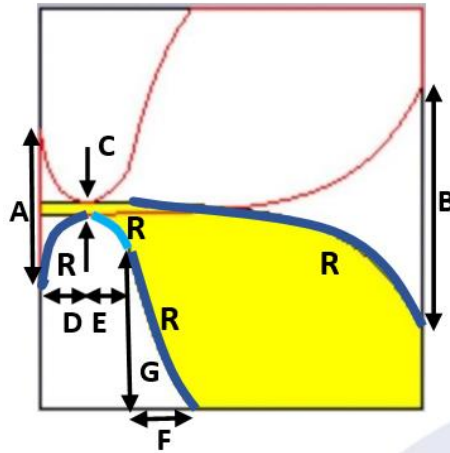
Desain Antena Vivaldi Antipodal

Gambar 2 menunjukkan desain antena vivaldi antipodal yang akan digunakan. Antena terbuat dari bahan FR-4 pada *substrat*-nya dan *copper* atau tembaga pada *patch* dan *feeding*-nya. Antena Vivaldi Antipodal memiliki spesifikasi *Return Loss* di bawah ± 10 dB dengan *Gain* $\geq 2,5$ dB serta konstanta dielektrik 4,3 *K* (*konstanta*).



Gambar 2. (a) Antena Vivaldi Antipodal tampak belakang, dan (b) tampak depan.

Gambar 3 merupakan rincian dimensi dari AVA, berukuran 15 x 15 cm dengan ketebalan substrat sebesar 1,6mm dan *patch*-nya setinggi 0,035 mm dari substrat.



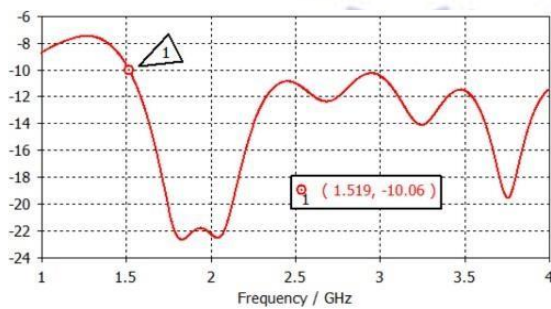
Gambar 3. Dimensi Antena Vivaldi Antipodal. (sumber : Nurhayati, dkk, 2020)

Pada tabel 1 menampilkan ukuran parameter dimensi ante Vivaldi Antipodal menurut Gambar 3.

Tabel 1. Dimensi antena berdasarkan Gambar 3.

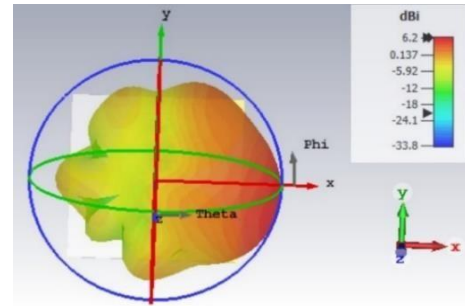
Parameter	Dimensi (mm)	Parameter	Dimensi
A	60	G	60 mm
B	90	R ₁	0,04 ⁰
C	4	R ₂	-0,2 ⁰
D	20	R ₃	0,1 ⁰
E	15	R ₄	0,05 ⁰
F	25		

Gambar 4 merupakan rentang kerja dari AVA yang paling efisien yang dapat digunakan pada GPR.

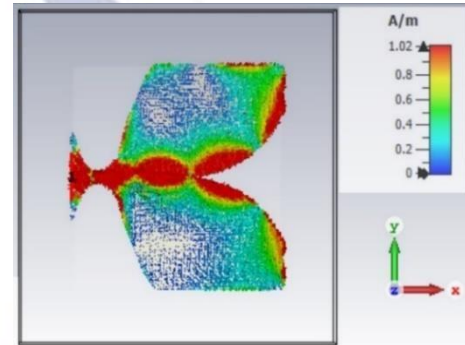


Gambar 4. Rentang kerja frekuensi AVA.

Pada Gambar 5 merupakan pola radiasi yang disimulasikan pada *software Computer Simulation Technology (CST) Studio*.



(a)

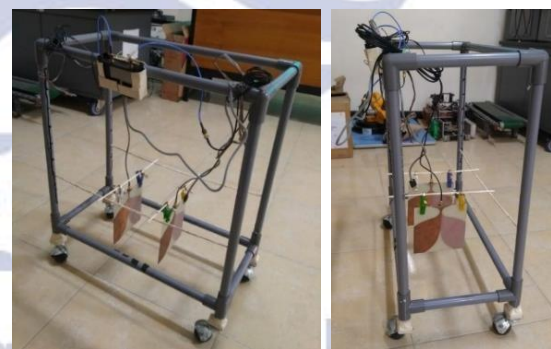


(b)

Gambar 5. Pola radiasi AVA pada simulasi *software CST*. (a) Model 3D dan (b) *Current Surface*.

Prototipe *Ground Penetrating Radar (GPR)*

Prototipe GPR ini terbuat dari pipa paralon dengan diameter 2 cm. Dibentuk sedemikian rupa serta ditambahkan 4 roda di bawah, sehingga GPR memiliki mobilitas yang cukup. Gambar 6 adalah foto prototipe GPR yang digunakan pada penelitian ini.



(a)

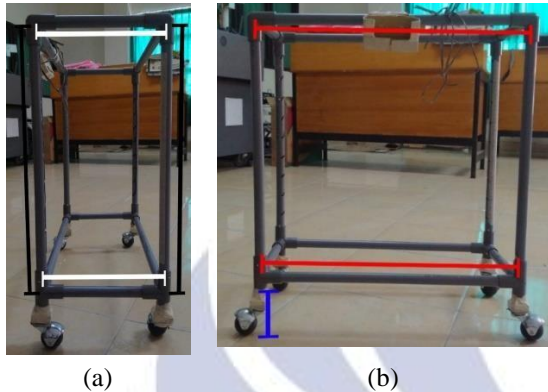
(b)

Gambar 6. Prototipe GPR tampak (a) depan dan (b) samping.

Prototipe GPR berbentuk balok mirip *Central Processing Unit (CPU)* pada komputer, dengan 4 roda penyangga di bawah guna. Kemudian terdapat *Nano VNA* sebagai sumber daya untuk pemancaran gelombang pada antena. Dua antena yang berfungsi

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B - Scan

sebagai *transmitter* dan *reciever* dihubungkan ke *Nano VNA* menggunakan kabel jenis *Sub-Miniature version A* (SMA) dengan panjang yang dapat divariasikan sesuai kebutuhan, begitu pula ketinggian antenna yang dapat divariasikan karena terdapat alur pada bagian vertikal pipa untuk memindahkan batang besi penyangga ke atas atau ke bawah. Gambar 7 adalah rincian dimensi prototipe GPR tersebut.



Gambar 7. Rincian dimensi prototipe GPR (a) tampak samping, dan (b) tampak depan.

Antena diletakkan pada 2 jenis batang besi penyangga. Jenis pertama adalah batang besi yang diletakkan pada alur yang telah dibuat di bagian vertikal pipa. Lalu jenis kedua adalah batang besi yang melintang di antara dua batang besi jenis pertama, jenis kedua ini berfungsi untuk menggantung antenna supaya antenna mengarah vertikal ke bawah atau biasa disebut posisi *H - Plane*, dengan port yang tersambung kabel berada di atas seperti pada Gambar 6b. Tabel 2 menunjukkan ukuran parameter dimensi prototipe GPR menurut Gambar 7.

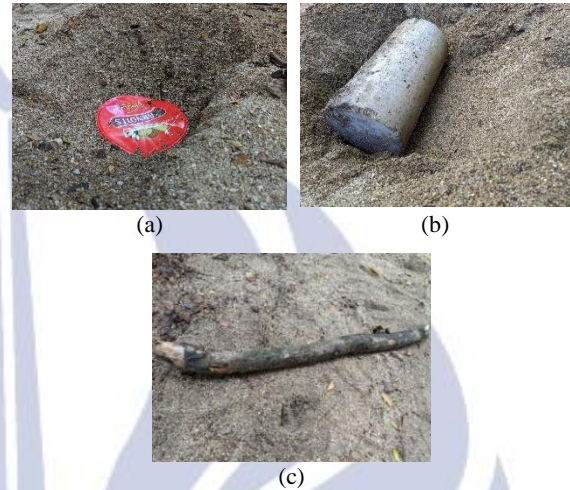
Tabel 2. Parameter prototipe GPR berdasarkan Gambar 7.

Parameter	Dimensi
Merah	44 cm
Biru	20 cm
Hitam	44 cm
Putih	24 cm

Proses Percobaan dan Pengambilan Data

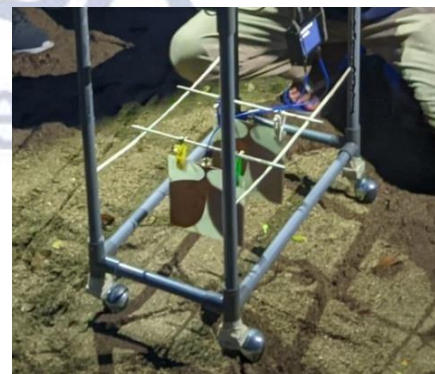
Proses dimulai dengan mengubur objek yang akan dijadikan target pemindaian GPR. Ketiga jenis target tersebut dikubur ke pasir dengan kedalaman 5 cm dari permukaan tanah. Objek yang digunakan di sini terdapat 3 jenis, dapat dilihat pada Gambar 8. Ketiga

objek tersebut terdiri dari 3 bahan dasar, yaitu besi, kayu, dan batu. Alasan dipilihnya bahan – bahan tersebut adalah karena kerapatan dari masing – masing bahan yang berbeda – beda. Masing – masing memiliki kerapatan 7,14 g/cm³ untuk Seng (bahan dasar Tutup Kaleng), 2,4 g/cm³ untuk Beton, serta 0,3 hingga 0,9 g/cm³ untuk benda berbahan dasar Kayu.



Gambar 8. Ketiga jenis objek / benda yang digunakan sebagai target pemindaian GPR.

Kerapatan dapat mempengaruhi pantulan sinyal ke *reciever* untuk pembacaan. Ditambah, sinyal harus menembus tanah terlebih dahulu sebelum mencapai objek. Hal inilah yang mempengaruhi scattering yang terjadi pada gelombang sinyal yang dipancarkan GPR. Gelombang sinyal yang dipancarkan mengandung energi listrik dan energi magnetik yang saling tegak lurus. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemindaian / pendeteksian / *scanning*. Proses pendeteksian dilakukan pada bidang tanah berukuran 3 x 1 Meter. Pendeteksian dimulai dari 30 cm pertama hingga menempuh jarak sejauh 300 cm, yang mana sudah dijelaskan sebelumnya bahwa pengambilan atau perekaman data dilakukan setiap 30 cm. Posisi antenna GPR terletak 10 cm di atas permukaan pasir, terdapat pada Gambar 9.

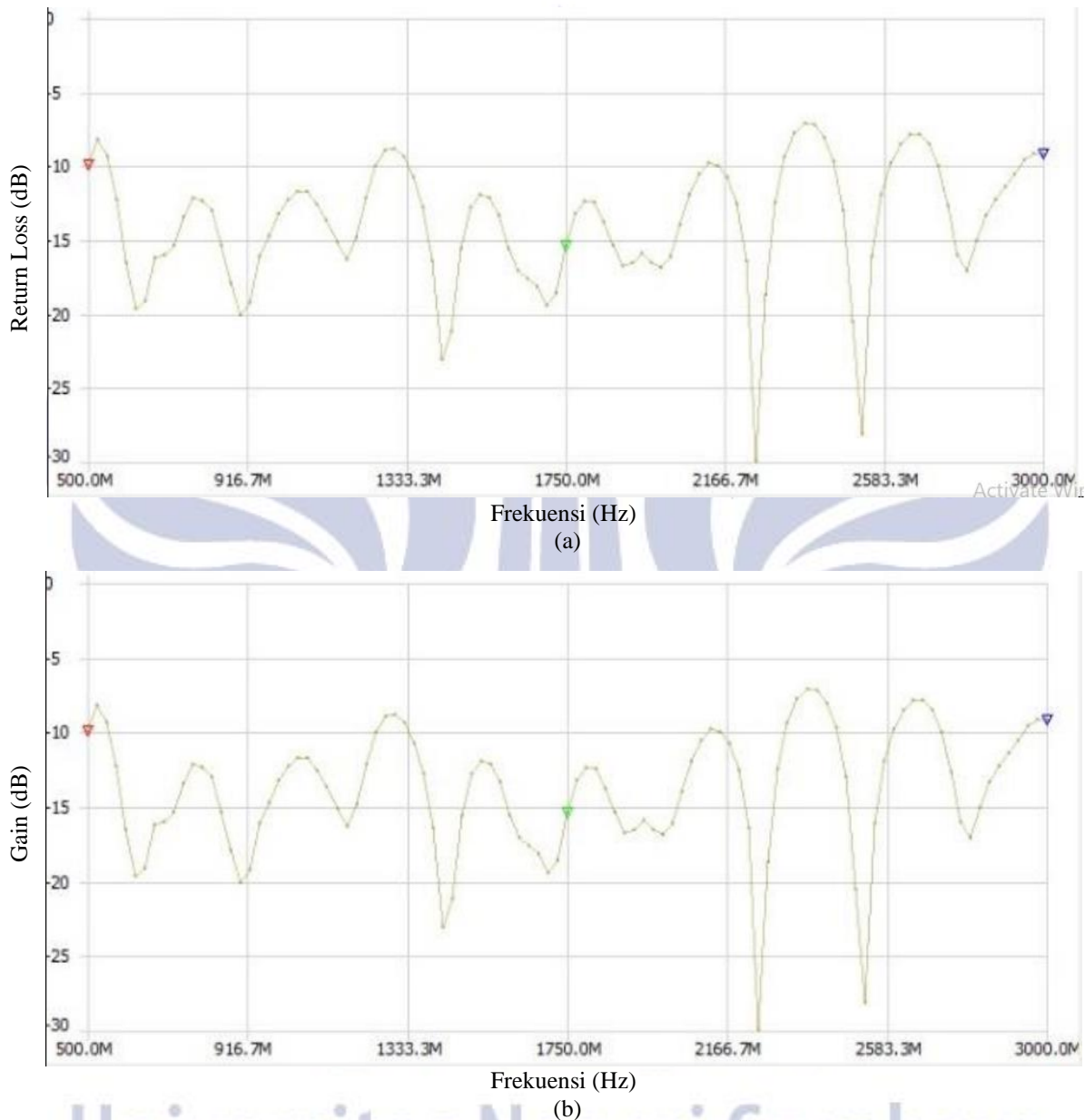


Gambar 9. Ketinggian antenna dan Posisi

antena pada GPR.

Proses pendeteksian dilakukan setiap GPR bergerak 30 cm. Pada setiap 30 cm tersebut GPR memancarkan sinyal melalui *transmitter* ke arah pasir yang akan terpantul kembali. Kemudian sinyal pantul akan ditangkap oleh *reciever* dan direkam oleh *Nano*

VNA. Setelah itu *Nano VNA* memberikan outputnya kepada *Nano VNA Saver* pada laptop agar lebih mudah dalam pembacaan hasil pendeteksian. Hasil yang ditunjukkan oleh *Nano VNA Saver* berupa *return loss* dan *VSWR* antenna. Berikut contoh tampilannya terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan hasil simulasi pendeteksian pada *software Nano VNA Saver* berupa (a) *Return Loss* dan (b) *VSWR*.

Setelah *Nano VNA Saver* berhasil merekam data dari proses pendeteksian, maka langkah selanjutnya ialah merubah tampilan hasil tersebut ke sebuah file dengan format *Comma Separated Value File* agar dapat di-*import* ke program *A – Scan* dan *B – Scan* pada *MatLab*.

Parameter Scattering

Scattering merupakan proses perambatan gelombang di mana radiasi, seperti cahaya, suara, atau partikel bergerak, yang ditekankan untuk menyimpang dari jalurnya oleh partikel dalam medium yang dilaluinya. *Scattering* terjadi apabila

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B - Scan

medium tempat gelombang merambat terdiri dari benda (partikel) yang berukuran kecil dibandingkan panjang gelombangnya dan jumlah per satuan volumenya cukup besar. Mekanisme *scattering* menyebabkan gelombang berjalan secara acak, sehingga transmisi gelombang radio dengan mekanisme *scattering* memiliki efisiensi yang tidak begitu baik (Arslanagić, dkk, 2013). Tergantung pada jumlah partikelnya, *scattering* dibagi menjadi dua area, yaitu *scattering* tunggal dan *scattering* ganda. *Scattering* tunggal terjadi ketika radiasi gelombang dihamburkan oleh hanya satu partikel *scattering* (Zhang, dkk, 2018).

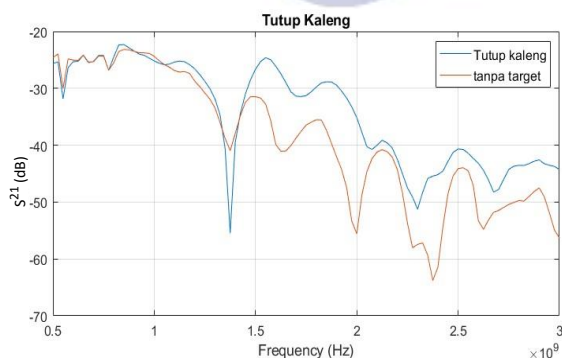
Hasil Percobaan dengan Menampilkan Perbandingan Grafik Dan Metode B - Scan

Setelah data terambil dan terolah dengan baik, kemudian data yang sudah siap pakai tersebut di-import ke sebuah program MatLab yang akan menampilkan perbandingan grafik parameter *scattering* dan metode B – Scan.

Perbandingan Grafik Parameter Scattering

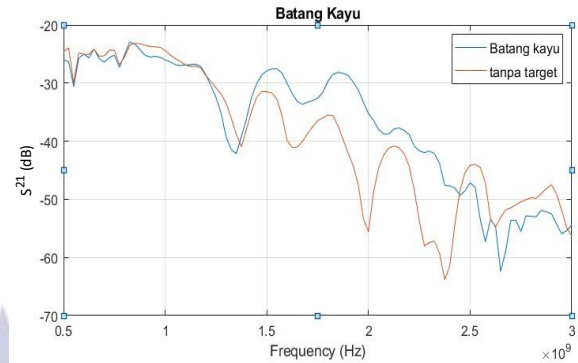
Perbandingan grafik parameter *scattering* ini sejatinya sudah ditampilkan pada *Nano VNA Saver*. Namun pada *software* Matlab ini, terdapat kelebihan yang tidak dimiliki oleh *Nano VNA Saver*, yaitu pada MatLab kita dapat membandingkan dua atau lebih grafik yang berbeda dalam satu tampilan *figure*. Hal ini dapat memudahkan dalam menentukan di mana perbedaan setiap pendeteksian yang berjarak 30 cm tadi.

Parameter *scattering* tutup kaleng dapat ditampilkan menggunakan langkah kerja *pseudocode*. Kemudian tampilannya dapat dilihat pada Gambar 11.



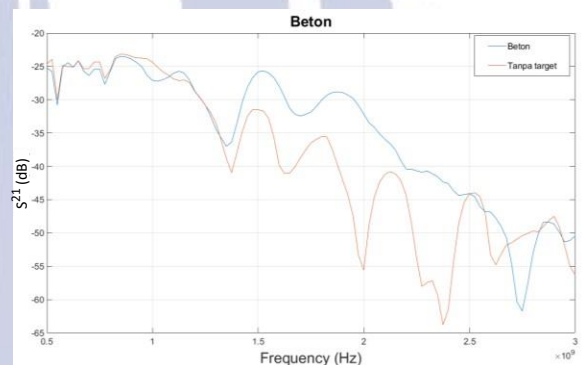
Gambar 11. Hasil run *pseudocode* parameter *scattering* Tutup Kaleng pada MatLab.

Sedangkan untuk batang kayu tampilan *figure* parameter *scattering* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil run *pseudocode* parameter *scattering* Batang Kayu pada MatLab.

Lalu untuk objek beton tampilan *figure* parameter *scattering* dapat dilihat pada Gambar 13.



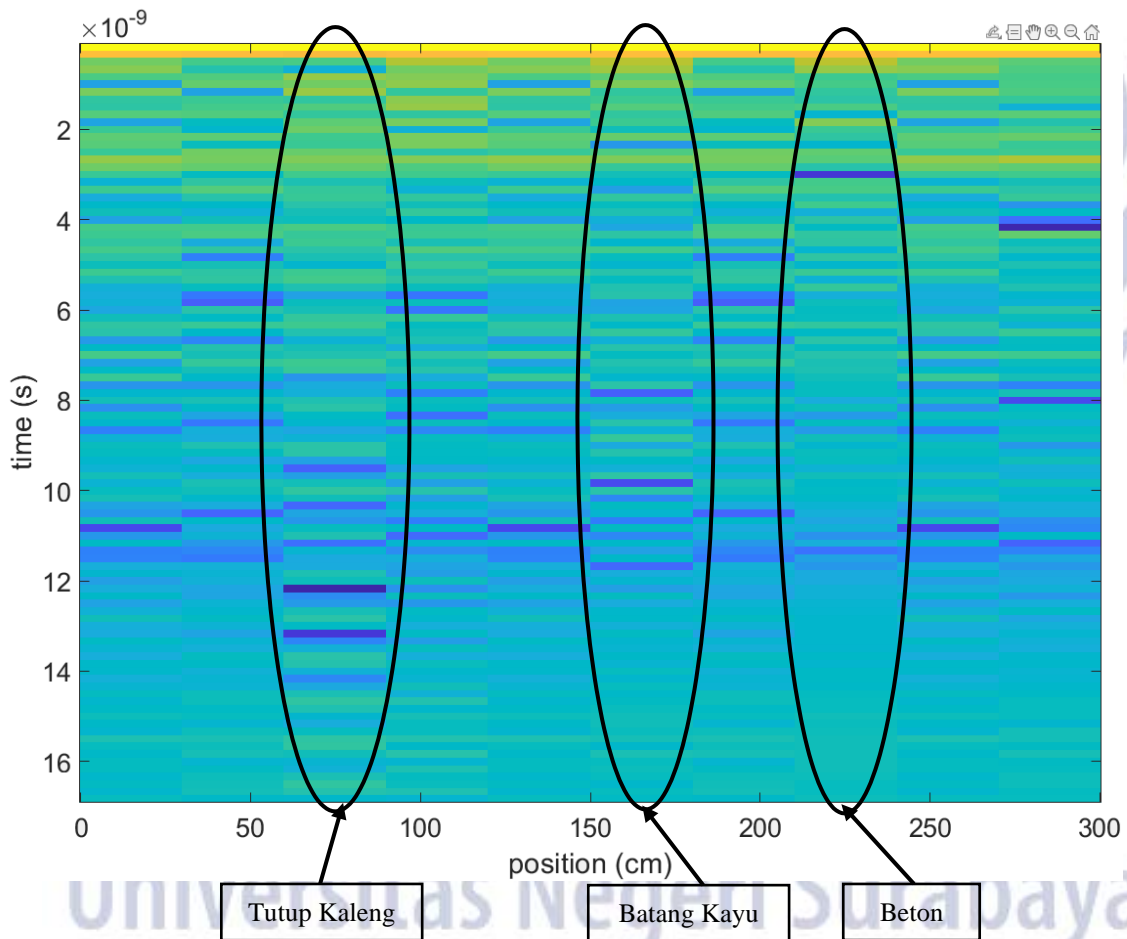
Gambar 13. Hasil run *pseudocode* parameter *scattering* Beton pada MatLab.

Berdasarkan Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 yang telah ditampilkan di atas, tutup kaleng memiliki rata – rata parameter *scattering* yang lebih besar daripada objek lainnya. Dimulai pada frekuensi 1,5 GHz hingga 3 GHz *scattering* selalu lebih besar daripada *scattering* wilayah tanpa objek, di mana *scattering* terendah terjadi pada frekuensi 2,3 GHz dengan -51,27 dB. Hal ini terjadi karena bahan Seng pada Tutup Kaleng mengandung unsur diamagnetik, yang artinya Tutup Kaleng memiliki kesempatan lebih banyak untuk menyebabkan efek *scattering* pada gelombang sinyal yang dipancarkan oleh GPR yang mana mengandung energi listrik dan juga energi magnetik. Pada grafik objek lain, parameter *scattering* lebih rendah daripada wilayah tanpa objek pada frekuensi 2,45 GHz (Batang Kayu) dan 2,5 GHz (Beton). Tabel 3 menunjukkan perbandingan parameter *scattering* 3 objek dengan wilayah tanpa objek pada setiap rentang frekuensi 0,5 GHz.

Tabel 3. Perbandingan parameter *scattering* pada setiap rentang frekuensi 0,5 GHz.

Objek	1,5 GHz	2 GHz	2,5 GHz	3 GHz
Tutup kaleng	-23,65 dB	-35,17 dB	-40,66 dB	-44,28 dB
Batang kayu	-27,88 dB	-35,23 dB	-40,66 dB	-44,28 dB
Beton	-25,81 dB	-31,13 dB	-44,12 dB	-50,47 dB
Wilayah tanpa objek	-31,49 dB	-55,58 dB	-44,12 dB	-56,32 dB

Metode B – Scan Metode B – Scan merupakan metode yang dapat menentukan di mana letak posisi target. Dengan memasukkan beberapa data hasil pendeteksian yang terekam, posisi target akan terlihat berbeda dari sekitarnya. Pada penelitian ini, B – Scan digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan situasi warna yang mana perbedaan situasi warna itulah yang menyatakan bahwa pada lokasi tersebut terdapat suatu objek. Namun, hal itu bergantung pada parameter scattering dari masing – masing objek. Perbedaan yang paling menonjol akan menyebabkan situasi warna pada metode B – Scan tampak berbeda. Gambar 14 adalah tampilan hasil dari metode B – Scan terhadap ketiga objek dan wilayah tanpa objek atau target dengan jarak pendam sejauh 5 cm di bawah permukaan tanah. Tampilan figure hasil run pseudocode pada software MatLab dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Metode B – Scan terhadap 3 objek dengan wilayah tanpa objek dengan jarak pendam di bawah permukaan tanah sejauh 5 cm.

Metode B – Scan berukuran 30 cm pada setiap plotting situasi warna. Hal ini mengikuti pola pendeteksian di lapangan yang merekam atau scanning setiap 30 cm. Berdasarkan Gambar 14,

objek yang paling terdeteksi adalah Tutup Kaleng dan Beton. Keduanya menunjukkan situasi warna yang berbeda dengan wilayah tanpa objek. Sedangkan pada Batang Kayu, situasinya warnanya

Pengaplikasian Antena Vivaldi Antipodal untuk Ground Penetrating Radar dengan Menggunakan Metode B - Scan

hampir menyerupai situasi warna wilayah tanpa objek.

PENUTUP

Simpulan

Mengacu hasil simulasi pada MatLab di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan yang terbuat dari besi atau logam lebih mudah untuk dideteksi oleh GPR atau Radar. Simpulan tersebut diambil berdasarkan parameter scattering yang membesar ketika gelombang radio yang dipancarkan transmitter. Menurut Tabel 3, pada frekuensi 1,5GHz Tutup Kaleng memiliki perbedaan nilai parameter scattering terhadap wilayah tanpa objek sebesar 7,48dB dibandingkan dengan objek lain (Batang Kayu sebesar 3,61dB, Beton sebesar 5,68dB). Sedangkan pada frekuensi 2GHz, Beton memiliki perbedaan nilai parameter scattering sebesar 24,45dB, lebih besar daripada objek lain (Batang Kayu 20,35dB, Tutup Kaleng 20,41dB). Dan pada frekuensi 2,5GHz serta 3GHz, Tutup Kaleng dan Batang Kayu memiliki perbedaan nilai parameter scattering yang sama yakni 3,46dB pada frekuensi 2,5GHz dan 12,04dB pada frekuensi 3GHz (Beton memiliki perbedaan 6dB pada frekuensi 3GHz dan tidak memiliki perbedaan pada frekuensi 2,5GHz). Maka jika dilihat secara keseluruhan frekuensi, Tutup Kaleng memiliki total perbedaan nilai parameter scattering yang lebih besar dibanding objek lainnya yaitu sebesar 43,39dB (batang kayu 39,46dB, beton 36,13dB) yang mengindikasikan tutup kaleng efisien pada rentang frekuensi 1,5GHz hingga 3GHz, sedangkan Beton hanya efisien pada frekuensi 2GHz dan Batang Kayu efisien pada rentang frekuensi 2,5GHz hingga 3GHz. Hal tersebut menyebabkan objek benda tidak terdeteksi atau terdeteksi secara samar dengan daerah di sekitarnya jika kita melihatnya pada metode B - Scan.

Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran dari peneliti yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian GPR ini. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan teknologi MIMO ataupun array. MIMO maupun array, keduanya memiliki kelebihan di mana terdapat dua atau lebih antena pada setiap transmitter dan receiver-nya. Hal tersebut dapat berguna pada GPR agar hasil pendeteksian menjadi lebih akurat dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Alindra Rahmayati, Wijanto Heroe, dan Usman Koredianto. 2017. *Deteksi Bentuk Objek*

Bawah Tanah Menggunakan Pengolahan Citra B-Scan pada Ground Penetrating Radar (GPR). TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol, Vol. 3, No. 1, Hal 73- 83.

Amruta S. Dixit dan Kumar Sumit. 2020. *A Survey of Performance Enhancement Techniques of Antipodal Vivaldi Antenna*. IEEE Access, Vol. 8, Hal 45774 - 45796.

Arslanagić, 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, Vol. 55, Issue 2, Hal 91 - 106.

Chakrabarti Niloy, Kalra Sagar, Saxena Sanjeev, dan Tripathy M. R. 2016. *Ultra-Wideband Antenna For A Ground Penetrating Radar*. Thirteenth International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN).

Deng Chao dan Xie Yong-Jun. 2009. *Design of resistive loading Vivaldi antenna*. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 8, Hal 240- 243.

Elsheakh M. Dalia dan Abdallah A. Esmat. 2014. *Compact shape of vivaldi antenna for water detection using ground penetrating radar*. Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 56, Issue 8, Hal 1801-1809.

Fadholi, Akhmad. 2013. *RADAR : Radio Detection and Ranging*. LIPI. <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?fenomena&1364039911>

Guo, J., Tong, J., Zhao, Q., Jiao, J., Huo, J., dan Ma, C. (2019). *An Ultrawide Band Antipodal Vivaldi Antenna for Airborne GPR Application*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 16, Issue 10, Hal 1560 - 1564.

Jol M. Harry. 2009. *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*. Oxford, UK: Elsevier Science.

Kakavand Achmad dan Adl - Zarrabi Bijan. 2015. *Introduction of possible inspection methods for evaluating thermal aging status of existing preinsulated district heating systems*. Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Building

- Technology, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. Hal 1-29.
- Knott, Peter dan Bell, Andreas. 2001. *Coaxially-fed tapered slot antenna*. Electronics Letters, Vol. 37, Issues 18, Hal 1-2.
- Mallahzadeh Ali Reza dan Karshenas Fardad. 2009. *Modified TEM Horn Antenna for Broadband Applications*. Progress In Electromagnetics Research, Vol. 90, Hal 105-119.
- Nurhayati, De Oliveira, M. Alexandre, Justo, F. João, Setijadi, E., Sukoco E. Bagus, dan Endryansyah. 2020. *Palm tree coplanar Vivaldi antenna for near field radar application*. Microwave and Optical Technology Letters, Hal 964-974.
- Özdemir Caner, Demirci Sevket, Yigit Enes, dan Yilmaz Betül. 2014. *A Review on Migration Methods in B-Scan Ground Penetrating Radar Imaging*. Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2014, Hal 1-16.
- Ozkaya, U., Melgani, F., Bejiga, B. Mesay, Seyfi, L., dan Donelli, M. 2020. *GPR B scan image analysis with deep learning methods*. Journal Measurement, Vol. 165.
- Pandey K. Gaurav, Singh S. Hari, Bharti K. Pradutt, Pandey A. K., dan Meshram M. K. (2014). *High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Applications*. International Journal of Signal Processing Systems, Vol. 3, No. 1, Hal 35-39.
- Reid W. Edwin, Ortiz-Balbuena Laura, Ghadari Aliakbar, dan Moez Kambiz. 2012. *A 324-Element Vivaldi Antenna Array for Radio Astronomy Instrumentation*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 61, Issue 1, Hal 241-250.
- Kundu, Surajit dan Jana K. Sanjay. 2018. *A leaf-shaped CPW-fed UWB antenna for GPR applications*. Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 60, Issue 4, Hal 941-945.
- Wibowo, R. P. 2017. *Perancangan Dan Pembuatan Antena Array Dengan Beamwidth ≤ 5 Pada Frekuensi S-Band Dengan Menggunakan Elemen Microstrip Bow-Tie*. Surabaya, Indonesia. Thesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yin X. X., Wang Q., Wang C. H., Shen G. D., Zhang J. R., dan Hong W. 2006. *A resistive loaded tapered slot antenna for ground penetrating radar*. Xiendi Leida (Modern Radar), Vol. 28, No. 11, Hal 58-60.
- Zhang, C., Gao, J., Cao, X., Xu, L., dan Han, J. 2018. *Low Scattering Microstrip Antenna Array Using Coding Artificial Magnetic Conductor Ground*. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 17, Issue 5, Hal 869 - 872.
- Zheng Le, Lops Macro, Eldar C. Yohina, dan Wang Xiaodang. 2019. *Radar and Communication Coexistence: An Overview: A Review of Recent Methods*. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 36, Issue 5, Hal 85-99.