

# DESAIN CAVITY PADA ANTENA CETAK UWB 50-5000 MHZ UNTUK APLIKASI GPR

Roy B. V. B. Simorangkir

Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Harapan Bangsa

Jl. Dipatiukur No. 80-84, Bandung 40132 - Indonesia

Telp: +62 22 2506636, Fax: +62 22 250 7901

roy@ithb.ac.id

**Abstrak**— *Ground Penetrating Radar (GPR)* merupakan suatu sistem pencitraan/pendeteksian objek yang berada di bawah tanah atau di balik dinding dengan memanfaatkan fenomena gelombang elektromagnetik. Untuk mendapatkan hasil pencitraan yang optimum, maka antenna dengan pengarah yang baik ke arah objek sangat diharapkan. Salah satu metode pengarah yang sering digunakan dalam perancangan sistem GPR adalah pemasangan *cavity*. Dalam makalah ini, sebuah desain *cavity* sederhana diusulkan untuk diimplementasikan pada antenna cetak *ultra-wideband (UWB)* 50-5000 MHz untuk aplikasi GPR. Desain usulan berupa *cavity* berbentuk kotak sederhana yang terbuat dari bahan kuningan. Untuk mendapatkan desain yang optimum, serangkaian studi parameter terhadap dimensi fisik *cavity* pun dilakukan dengan turut mempelajari pengaruhnya terhadap karakteristik antenna seperti *return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, *gain*, dan pola radiasi. Dari hasil penelitian terlihat bahwa desain *cavity* usulan mampu memperbaiki pengarah antenna dengan tetap mempertahankan kualitas *VSWR* di seluruh rentang frekuensi bahkan mampu meningkatkan *gain* antenna pada range frekuensi tertentu.

**Kata kunci**— *ground penetrating radar, cavity, ultra-wideband*

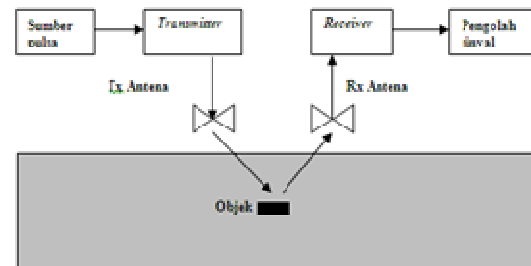
**Abstract**— *Ground Penetrating Radar (GPR)* is a system for imaging or detecting object below the ground or behind the wall using an electromagnetic wave phenomenon. To produce the optimal imaging result, the antenna with good direction towards the object is desirable. One method often used in controlling the direction of the antenna in the design of GPR system is cavity installation. In this paper, a simple cavity design is proposed to be implemented on 50-5000 MHz ultra-wideband (UWB) printed antenna for GPR application. The proposed design is such a simple square box cavity made by brass material. To obtain the optimum design, several parametric studies of the physical dimension of cavity are carried out along with investigation of its effect on the antenna characteristics such as return loss, Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), gain, and radiation pattern. It is shown that the proposed cavity design can improve the direction of the antenna while still maintains the VSWR quality throughout the frequency range and even it is able to increase the antenna gain at certain frequency range.

**Keywords**— *ground penetrating radar, cavity, ultra-wideband*

## I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir pemanfaatan teknologi GPR berkembang dengan sangat pesat di berbagai bidang oleh karena kemampuan deteksinya yang bersifat *non-destructive*, mulai dari kepentingan arkeologi, geologi, sipil, hingga militer [1]-[5]. Oleh karena itu, penelitian terkait teknologi ini terus-menerus dilakukan.

Pada dasarnya, sistem GPR merupakan suatu sistem potensial untuk pendeteksian atau pencitraan objek-objek yang berada di balik permukaan misalnya di bawah tanah atau di balik dinding dengan memanfaatkan fenomena gelombang elektromagnetik. Secara umum, GPR bekerja dengan cara memancarkan gelombang berperiode sangat sempit lewat antenna pemancar dan menerima gelombang yang dipantulkan objek lewat antenna penerima. Dari gelombang pantul yang diterima tersebut, diharapkan informasi mengenai objek target mulai dari posisi, sifat material, bahkan dimensi objek dapat diketahui. Oleh karena itu, pengarah antenna menjadi salah satu faktor penting untuk menghasilkan kualitas pencitraan yang baik di samping ketersediaan *bandwidth* yang sangat lebar. Sebisa mungkin antenna hanya memancarkan ataupun menerima gelombang ke dan dari arah lokasi pendeteksian saja, misalnya permukaan tanah ataupun dinding.



Gambar 1.1. Diagram sistem GPR

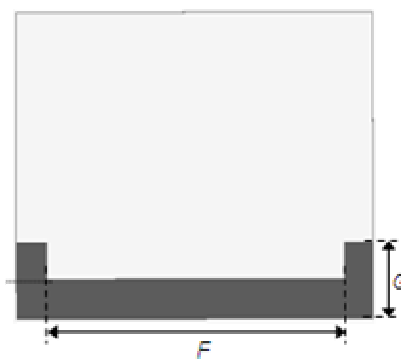
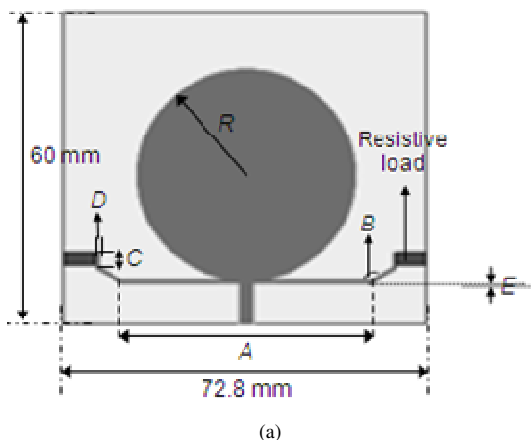
Salah satu solusi yang biasanya diterapkan untuk mengatur pengarah antenna pada sistem GPR adalah dengan pemasangan *cavity*. Secara sederhana *cavity* dalam terminologi sistem GPR dapat diartikan sebagai perisai atau *shielding box* yang terbuat dari bahan konduktor dan biasanya ditempatkan di belakang antenna. Pada dasarnya *cavity* bekerja seperti halnya reflektor pada sistem antenna yakni

memantulkan gelombang dan memfokuskannya ke arah tertentu saja. Selain mengarahkan pancaran antenna dalam hal ini ke arah lokasi pendeteksian, *cavity* juga berperan dalam meminimalkan interferensi dari arah belakang antenna serta kopling langsung antara antenna pemancar dan penerima yang merupakan hal-hal penting dalam rangka menghasilkan kualitas pencitraan yang baik.

Pada makalah ini, diusulkan sebuah desain *cavity* sederhana untuk diimplementasikan pada antenna GPR. Antenna yang digunakan kali ini adalah antenna UWB hasil penelitian sebelumnya [6]. *Cavity* usulan berbentuk kotak yang terbuat dari bahan kuningan dan ditempatkan di bagian belakang antenna, sedangkan untuk menahan antenna tetap berada di sisi atas *cavity* digunakan busa gabus (*foam*) yang ditempatkan memanjang dari dasar *cavity* hingga ke permukaan bawah antenna. Serangkaian studi parameter terhadap dimensi fisik *cavity* dilakukan untuk mendapatkan desain yang optimum. Pengaruh pemasangan *cavity* terhadap karakteristik VSWR, *gain*, dan pola radiasi juga turut dikaji di dalam makalah ini.

## II. SPESIFIKASI ANTENA

Desain usulan akan diimplementasikan pada antenna cetak UWB bertipe octopus yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Antenna ini bekerja pada rentang frekuensi 50-5000 MHz dan dicetak di atas substrat FR-4 epoxy ( $\epsilon_r=4.3$ ) berketebalan 1.6 mm [6]. Antenna memiliki geometri seperti yang terlihat pada Gambar 2.1(a),(b) dan memiliki dimensi seperti yang tertulis pada Tabel 2.1.

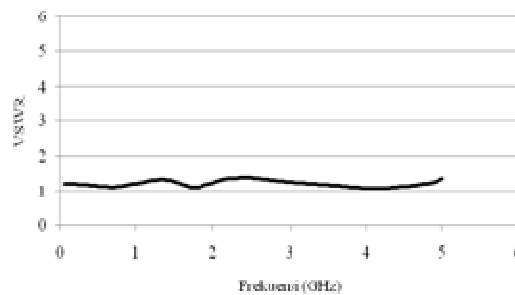


Gambar 2.1. Geometri antenna cetak UWB tipe octopus, (a) tampak depan, (b) tampak belakang

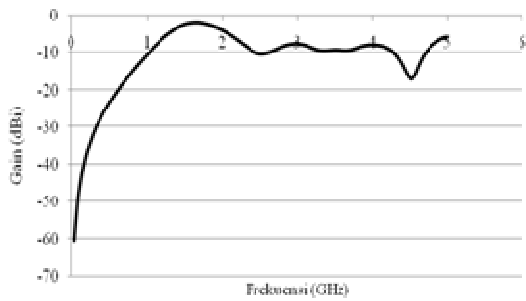
TABEL 2.1 DIMENSI ANTENA

Parameter	Dimensi
A	50 mm
B	150 <sup>0</sup>
C	2 mm
D	1 mm
E	0.5 mm
f	60 mm
g	15 mm
R	22 mm
Load	82 ohm
Substrate thicness	1.6 mm

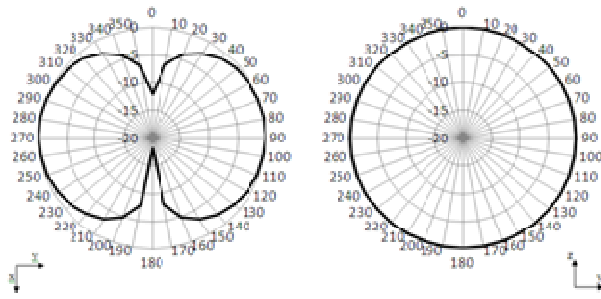
Gambar 2.2 dan 2.3 masing-masing menunjukkan karakteristik VSWR dan *gain* dari antenna sebelum dilengkapi *cavity*, sedangkan gambar 2.4 menunjukkan pola radiasi dari antenna tanpa *cavity* pada salah satu frekuensi dalam hal ini dipilih 1 GHz. Terlihat bahwa antenna tanpa *cavity* bersifat omnidireksional.



Gambar 2.2. Karakteristik VSWR antenna tanpa *cavity*



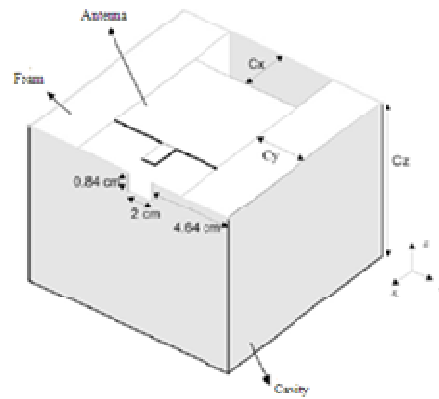
Gambar 2.3. Karakteristik gain antenna tanpa cavity



Gambar 2.4. Karakteristik pola radiasi (ternormalisasi) antenna tanpa cavity pada frekuensi 1 GHz, (a) Bidang E, (b) Bidang H

### III. DESAIN CAVITY USULAN

Pada dasarnya, tidak ada aturan yang mutlak pada perancangan cavity dalam terminologi sistem GPR, termasuk aturan jarak sebesar kelipatan  $\lambda/4$  antara sisi bawah antenna dengan dasar cavity seperti yang biasanya digunakan dalam mendesain antenna reflektor. Hal ini disebabkan oleh lebarnya rentang frekuensi kerja antenna yang digunakan pada sistem GPR. Walaupun demikian, nilai ini sering dijadikan inisial jarak antenna dengan dasar cavity sebelum dilakukan optimasi berikutnya. Jarak antenna dengan sisi kanan dan kiri cavity tidak perlu diatur sebesar  $\lambda/4$  karena yang menjadi fokus utama adalah gelombang yang berarah ke ke depan antenna atau tegak lurus bidang antenna. Bahkan, pancaran gelombang ke arah sisi kanan dan kiri antenna sebenarnya tidak diharapkan mengingat adanya kopling langsung antara antenna pemancar dan penerima justru akan merusak kualitas pencitraan dari sistem GPR. Prinsip yang mutlak perlu diingat dalam perancangan cavity adalah bahwa keberadaan cavity sebisa mungkin tidak mengganggu karakteristik *return loss* antenna. Akibatnya, pada akhirnya bentuk dan dimensi cavity bisa bermacam-macam. Namun, cavity berbentuk kotak seperti yang digunakan di dalam [7] dipilih di dalam penelitian ini atas dasar kesederhanaannya.



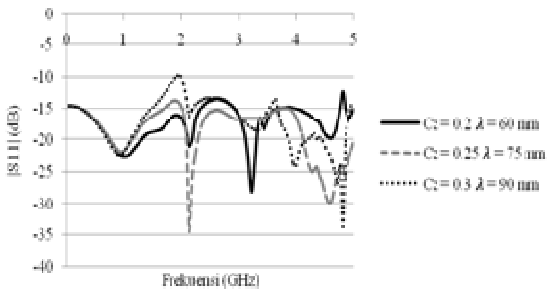
Gambar 3.1. Desain cavity

Gambar 3.1 menunjukkan geometri desain usulan. Cavity berbentuk kotak dengan sisi atas terbuka sebagai tempat antenna diletakkan. Pada penelitian ini digunakan kuningan dengan ketebalan 0.3 mm sebagai bahan dasar cavity. Nilai ketebalan tersebut telah melebihi nilai *skin depth* kuningan itu sendiri yakni sebesar  $1.0449 \mu\text{m}$  sehingga baik digunakan sebagai bahan dasar cavity. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 busa gabus (*foam*) digunakan untuk menahan antenna berada di atas cavity. Penggunaan busa gabus (*foam*) didasarkan pada kemiripan karakteristiknya dengan udara sehingga keberadaannya tidak akan mengganggu karakteristik antenna.

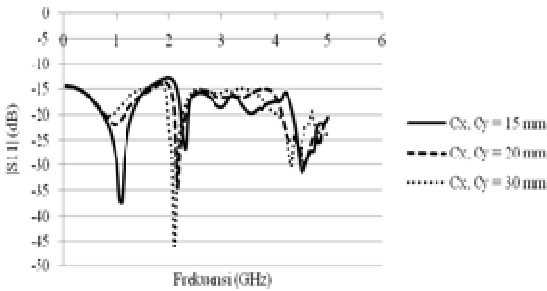
Nilai optimum  $C_x$ ,  $C_y$ , dan  $C_z$  diperoleh lewat serangkaian studi parameter dengan *return loss* ( $S_{11}$ ) sebagai indikatornya.

### IV. HASIL STUDI PARAMETER DAN PEMBAHASAN

Studi parameter diawali dengan penelusuran dimensi  $C_z$ . Seperti yang telah dijelaskan pada pada bab 3, dipilih  $\lambda/4$  pada frekuensi sebesar 1 GHz sebagai nilai awal  $C_z$  yakni sebesar 75 mm. Selanjutnya dilakukan serangkaian studi parameter untuk menemukan nilai  $C_z$  yang optimum. Pada saat nilai  $C_z$  diubah-ubah,  $C_x$  dan  $C_y$  diberi nilai konstan sebesar 20 mm. Dalam hal ini, nilai  $C_x$  dan  $C_y$  tidak dibuat sebesar  $\lambda/4$  mengingat yang menjadi fokus kita saat ini adalah gelombang yang berarah ke sumbu z positif (ke depan antenna). Selain itu, atas dasar kesederhanaan proses desain, nilai  $C_x$  dan  $C_y$  dibuat sama. Selanjutnya, dengan nilai optimum  $C_z$  yang telah diperoleh, serangkaian studi parameter dilakukan lagi untuk menemukan nilai  $C_x$  dan  $C_y$  yang optimum. Gambar 4.1 menunjukkan pengaruh perubahan nilai  $C_z$  terhadap karakteristik *return loss* ( $S_{11}$ ), sedangkan Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh perubahan nilai  $C_x$  dan  $C_y$  terhadap karakteristik *return loss* ( $S_{11}$ ) antenna. Dari hasil studi parameter diperoleh dimensi optimum cavity adalah  $C_x = C_y = 20 \text{ mm}$  dan  $C_z = 75 \text{ mm}$ . Sehingga dimensi keseluruhan cavity menjadi 112.8 mm x 100 mm x 75 mm.

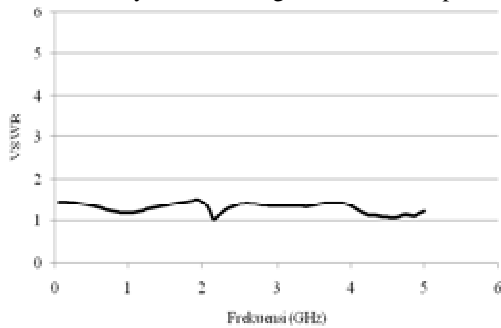


Gambar 4.1. Pengaruh variasi nilai  $C_z$  terhadap karakteristik *return loss* ( $S_{11}$ ) antenna dengan *cavity*



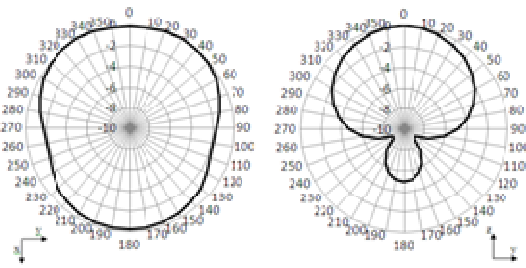
Gambar 4.2. Pengaruh variasi nilai  $C_x$  dan  $C_y$  terhadap karakteristik *return loss* ( $S_{11}$ ) antenna dengan *cavity*

Untuk memastikan kembali bahwa antenna tetap bekerja baik pada rentang frekuensi 50-5000 MHz setelah pemasangan *cavity*, maka karakteristik VSWR antenna dengan *cavity* disajikan pada Gambar 4.3. Terlihat bahwa setelah pemasangan *cavity* VSWR antenna pada rentang frekuensi tersebut masih lebih rendah dari 1.5 dan hal ini berarti antenna masih memenuhi syarat untuk digunakan dalam aplikasi GPR.



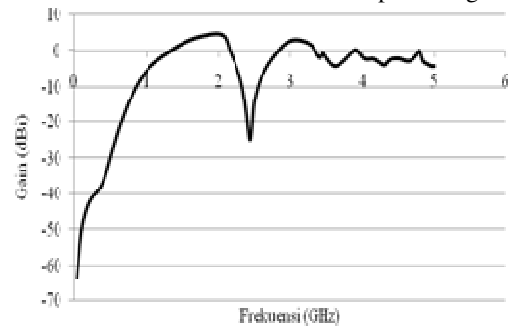
Gambar 4.3. Karakteristik VSWR antenna dengan *cavity*

Pada Gambar 4.4 ditampilkan pula karakteristik pola radiasi antenna dengan *cavity* pada frekuensi 1 GHz. Dari gambar tersebut terlihat bagaimana *cavity* berpengaruh signifikan dalam mengarahkan sebagian besar pancaran gelombang elektromagnetik ke arah depan antenna. Pola radiasi yang sebelumnya bersifat omnidireksional berubah menjadi unidireksional sehingga dapat dipastikan bahwa pemasangan *cavity* akan mengurangi interferensi dari arah belakang antenna dan juga kopling langsung antara antenna pemancar dan penerima.



Gambar 4.4. Karakteristik pola radiasi (ternormalisasi) antenna dengan *cavity* pada frekuensi 1 GHz, (a) Bidang E, (b) Bidang H

Selain pola radiasi, juga ditampilkan karakteristik *gain* dari antenna setelah pemasangan *cavity*. Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh pemasangan *cavity* terhadap karakteristik *gain* antenna. Tampak pada gambar bagaimana pemasangan *cavity* telah meningkatkan *gain* antenna secara signifikan. Hal ini dapat dimengerti karena keberadaan *cavity* di belakang antenna bekerja selayaknya reflektor yang menimbulkan efek mirror yang menguatkan pancaran gelombang ke arah depan antenna. Namun, tentu saja interferensi konstruktif ke arah depan antenna hanya terjadi di beberapa nilai frekuensi tertentu yang memenuhi jarak fasa yang sesuai. Itulah sebabnya pada beberapa bagian frekuensi tidak terjadi peningkatan *gain* yang signifikan. Dari hasil simulasi, terjadi peningkatan *gain* maksimum antenna sebesar 6.6 dBi setelah pemasangan *cavity*.



Gambar 4.5. Karakteristik *gain* antenna dengan *cavity*

## V. KESIMPULAN

Desain *cavity* untuk antenna UWB 50-5000 MHz yang akan digunakan pada aplikasi GPR telah dilakukan. Lewat serangkaian studi parameter sebuah desain *cavity* sederhana berbentuk kotak berukuran 112.8 mm x 100 mm x 75 mm dan terbuat dari bahan kuningan dengan ketebalan 0.3 mm telah dihasilkan. Dari hasil investigasi, terlihat bahwa *cavity* yang didesain telah mampu memperbaiki pengarahannya dari antenna yang ditunjukkan oleh perubahan pola radiasi antenna dari yang semula omnidireksional menjadi unidireksional. Pemasangan *cavity* juga tidak mengganggu karakteristik VSWR antenna yang terlihat masih berada di bawah level 1.5. Pemasangan *cavity* juga berdampak positif pada nilai *gain* antenna pada frekuensi tertentu yang ternyata mengalami peningkatan maksimum sebesar 6 dBi.

#### ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini didukung oleh Program Riset dan Inovasi KK ITB 2011, Institut Teknologi Bandung No. 144/K.01.6/DN/2011.

#### REFERENSI

- [1] H. M. Jol, R. J. Dechaine, R. Eisenman, "Archeological GPR Investigation at Rennes-le-Chateau, France," 9th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR) Proc., pp. 91-95, Santa Barbara, 2002.
- [2] D. J. Daniel, Ground Penetrating Radar Second Edition. London: IEE Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series, 2004.
- [3] J. Ishikawa, M. Kiyota, K. Furata, "Test and Evaluation of Anti-personnel Landmine Detection Based on Vehicle-mounted GPR System," IEICE Technical Report, no. 105, pp. 363, 2005.
- [4] H. Machguth, O. Eisen, F. Paul, "Helicopter Borne Snow Profiling on Alpine Glaciers with GPR," Geophysical Research Letters, no. 8, 2006.
- [5] R. M. Kenneth, "Use of GPR for Rehabilitation of Composite Pavements on High Volume Roads," Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, vol. 1808, no. 14, pp. 122-126, 2002.
- [6] Roy Simorangkir and Achmad Munir, "Investigation of Arms Dimension of 50-5000 MHz UWB Printed Octopus-type Antenna for SFCW-GPR Application" Indonesia-Malaysia Microwave Antenna Conference (IMMAC '10) Proc., Jakarta, Indonesia, Jun. 2010.
- [7] A. A. Pramudita, "Sistem Antena Array untuk SFCW GPR dengan Impedansi Input Stabil dan Kemampuan Pengaturan Footprint," Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia, 2009.