



# PENGGUNAAN GEORADAR DALAM MENDUGA KONSTRUKSI BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

*Wawan Witarnawan S,*

## RINGKASAN

Salah satu kesulitan yang sering dijumpai dalam mengoptimalkan bangunan bawah dari suatu jembatan yang ada adalah ketidaktersediaan gambar pelaksanaan jembatan maupun gambar perencanaannya. Mengukur dimensi bangunan bawah jembatan secara langsung hampir merupakan suatu hal yang mustahil, mengingat sebagian besar dari bangunan bawah tersebut tertanam didalam tanah. Oleh karena itu diperlukan suatu metoda tertentu yang dapat digunakan untuk menduga dimensi bangunan bawah jembatan secara tidak langsung. Salah satu cara pendugaan yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan metoda georadar. Pendugaan georadar terhadap beberapa jembatan yang mempunyai bangunan bawah dengan pondasi langsung beton bertulang dan pasangan batu kali menunjukkan hasil yang mendekati keadaan sebenarnya. Gangguan dari bahan logam seperti yang ada pada gelagar baja dapat mengaburkan citra georadar yang diperoleh.

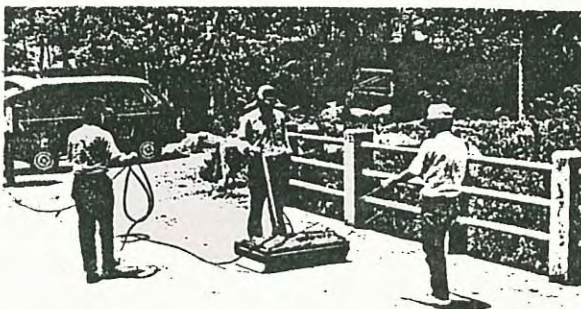
## SUMMARY

One of difficulty which is often encountered in optimizing bridge substructures is lack of bridge data, such as design and as-built drawings. Measuring the dimensions of bridge substructures directly is impossible because almost all bridge substructures are under the ground. Because of that it is required some methods which can be used to assess the dimensions of bridge substructures indirectly. Georadar is one of the method that fulfill the requirements. The application of georadar in imaging direct foundation of bridge substructures (reinforced concrete and stone masonry) have been successfully proven. The influence of metallic materials such as steel girders bridge can blur the result of georadar image.

## I. GEORADAR

Metoda georadar atau dikenal juga dengan Subsurface Interface Radar (SIR) merupakan metoda geofisika yang didasarkan kepada sifat 'echo' (pantulan) dari gelombang Elektro Magnetik (EM) yang dipancarkan sebagai gelombang radar bila melewati bidang batas (interface) antara dua medium (batuan, beton, air, logam, dll.) yang berbeda nilai permisivitas dielektrik atau kontras konstanta dielektriknya. Gelombang dipancarkan melalui antena untuk kemudian gelombang tersebut, akibat pantulan, diterima kembali dan direkam sebagai sinyal obyek atau sinyal lapisan permukaan bawah dari bumi. Alat georadar tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1.  
ALAT GEORADAR



Sinyal tersebut dapat berbentuk citra yang langsung dapat diamati pada layar monitor dari Unit Kontrol Digital. Citra sementara yang didapat pada layar monitor menunjukkan indikasi tentang keadaan suatu obyek atau lapisan bawah permukaan. Dengan pengolahan berdasarkan perangkat lunak, citra sementara tersebut dapat ditampilkan dengan lebih eksplisit sehingga mendekati bentuk fisis obyek atau lapisan bawah permukaan sebenarnya. Tingkat kejelasan suatu obyek bawah tanah dalam citra georadar terhadap tanah/batuan sekelilingnya tergantung pada besar kecilnya nilai perbedaan (kontras) konstanta dielektrik (k). Sebagai contoh nilai konstanta dielektrik dari berbagai bahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.  
NILAI KONSTANTA DIELEKTRIK BAHAN

Jenis Bahan	k
Air	81
Udara	1
Logam	1
Aspal	5
Beton kering	5.5
Beton basah	12.5
Pasir kering	4
Pasir basah	15
Lempung kering	4
Lempung basah	27

Daya tembus gelombang EM kedalam media yang dilaluinya juga tergantung kepada efek 'skin depth', dimana bila frekwensi makin tinggi maka daya tembusnya (kedalaman) makin dangkal namun daya resolusinya makin tajam. Sedangkan untuk frekwensi rendah yang terjadi adalah sebaliknya. Sampai saat ini kedalaman maksimum yang dapat ditembus oleh georadar baru mencapai kedalaman sekitar 25 sampai 40 meter. Pada frekwensi 1,2 GHz sampai kedalaman 50 cm dapat dideteksi dan dipisahkan dua besi beton yang berjajar, sementara untuk antena 100 MHz dapat dideteksi batuan dasar suatu daerah survey.

Untuk mengurangi pengaruh obyek lain yang mengganggu (noise), misalnya akibat adanya pengulangan gelombang pantul, adanya gelombang difraksi, adanya perbedaan panas dan lain sebagainya, maka pengolahan data harus dibantu dengan perangkat lunak yang dapat mereduksi noise sampai batas-batas tertentu.

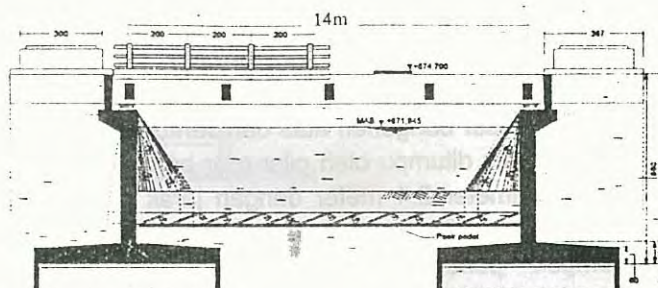
Metoda ini cukup akurat dalam membuat irisan suatu obyek didalam tanah serta menentukan kedalaman suatu obyek, sedangkan untuk menentukan dimensi/ukuran dari obyek lebih dianjurkan untuk dikombinasikan dengan metoda geoseismik. Kondisi bahan obyek (basah/kering) cukup mempengaruhi bacaan atau hasil dari georadar.

## II. APLIKASI GEORADAR PADA JEMBATAN

### 2.1. Jembatan Parakan Saat

Bangunan atas jembatan Parakan Saat terbuat dari beton bertulang dengan panjang bentang 14.0 meter, sedangkan bangunan bawahnya merupakan pondasi langsung beton bertulang dengan sistem kantilever (pondasi telapak), Gambar 2.

Gambar 2.  
JEMBATAN PARAKAN SAAT

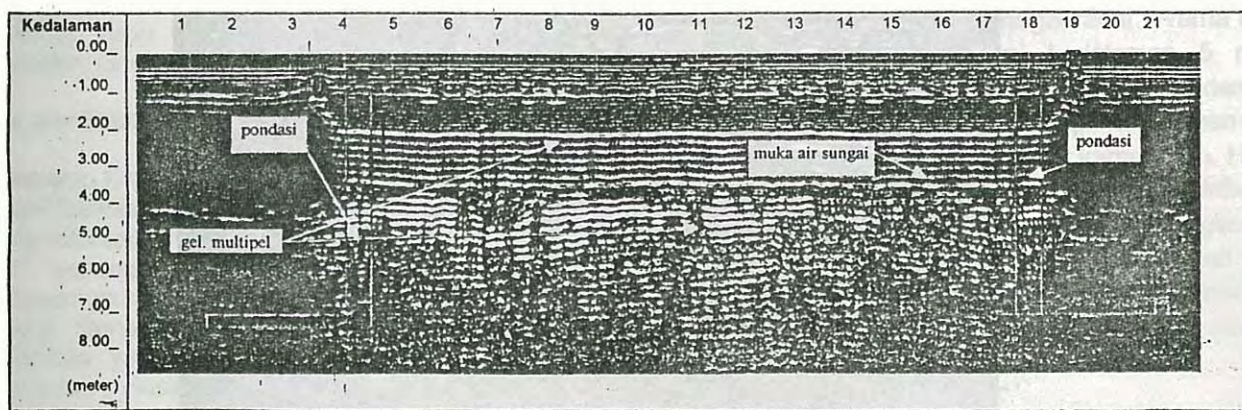


Pada Jembatan Parakan Saat dilakukan pendugaan bangunan bawah dengan georadar. Alat georadar disimpan diatas permukaan aspal dan ditarik dari secara perlahan dari satu abutmen ke abutmen lainnya. Selama georadar bergerak, gelombang EM dipancarkan secara terus menerus dan pantulan gelombang yang mengenai obyek kemudian direkam sehingga hasilnya akan berupa suatu irisan memanjang jembatan. Hasil pendugaan dengan georadar terhadap Jembatan Parakan Saat diperlihatkan pada Gambar 3.

#### Pembahasan:

Dengan mengamati perbedaan warna disekitar lokasi abutmen, akan tampak suatu bentuk abutmen dengan pondasi telapaknya yang berwarna merah yang kontras dengan warna tanah disekitarnya. Tanah lempung dibelakang abutmen terlihat berwarna hitam sedangkan tanah yang bercampur air didepan abutmen tampak berwarna hitam diselingi warna putih dan merah. Warna putih yang cukup kontras menunjukkan adanya air, sebagaimana diketahui nilai

Gambar 3.  
IRISAN MEMANJANG JEMBATAN PARAKAN SAAT BERDASARKAN GEORADAR.



konstanta dielektika air  $k=81$  jauh lebih tinggi dibanding beton basah yang mempunyai  $k=12.5$ , sedangkan warna merah pada tanah kemungkinan menunjukkan adanya pasir atau batuan dalam keadaan basah ( $k=15$ ). Apabila dimensi dari bangunan bawah yang ada pada as-built drawing dipetakan dalam dimensi bangunan bawah yang diperoleh dari hasil pendugaan georadar, ternyata diperoleh adanya kesesuaian.

## 2.2. Jembatan Layang Cawang-Priuk

Sebagian besar bangunan atas dari Jembatan Layang Cawang-Priuk ditumpu oleh pilar-pilar beton bertulang dengan diameter 2.4 meter dengan jarak antar pilar 35.0 meter. Pilar jembatan tersebut berdiri diatas kelompok pondasi tiang pancang beton yang berjumlah 30 buah yang dipancang hingga kedalaman antara 20 meter sampai 25 meter, Gambar 4.

Untuk menduga pondasi tiang pancang yang berada dibawah pilar jembatan, alat georadar ditarik perlahan-lahan diatas median yang ada dibawah jembatan layang sepanjang 300 meter. Citra yang dihasilkan dari pendugaan dengan georadar ini dapat dilihat pada Gambar 5.

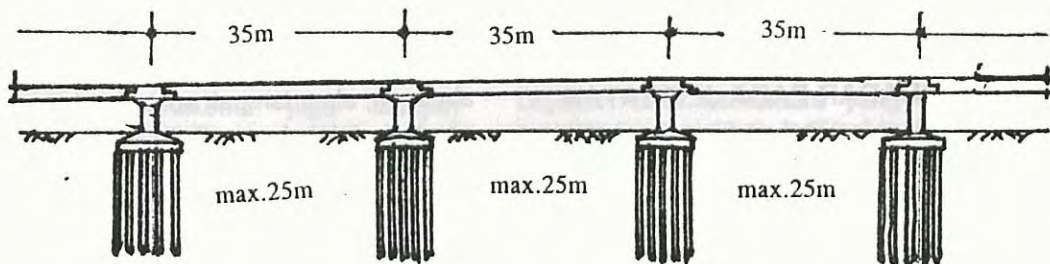
### Pembahasan:

Didalam citra georadar ini indikasi tentang adanya tiang pancang diperoleh dari adanya perubahan warna formasi lapisan tanah yang ada. Secara umum tanah yang ada terdiri dari tanah lempung (warna hitam) yang disisipi lapisan-lapisan kepasiran (warna merah), sedangkan citra georadar dari kondisi tanah dibawah pilar dimana terdapat pondasi tiang pancang memberikan warna merah keputih-putihan arah vertikal sampai kedalaman 20 meter. Formasi lapisan tanah disekitar lokasi tiang pancang terlihat agak menekuk kebawah, hal ini dimungkinkan terjadi akibat pemancangan tiang, tanah disekitar tiang turut terdorong masuk kedalam tanah. Citra georadar tidak memberikan informasi yang lebih rinci lagi mengenai jumlah tiang yang ada, akan tetapi hanya memberikan indikasi adanya kelompok tiang sampai yang dipancang sampai kedalaman tertentu.

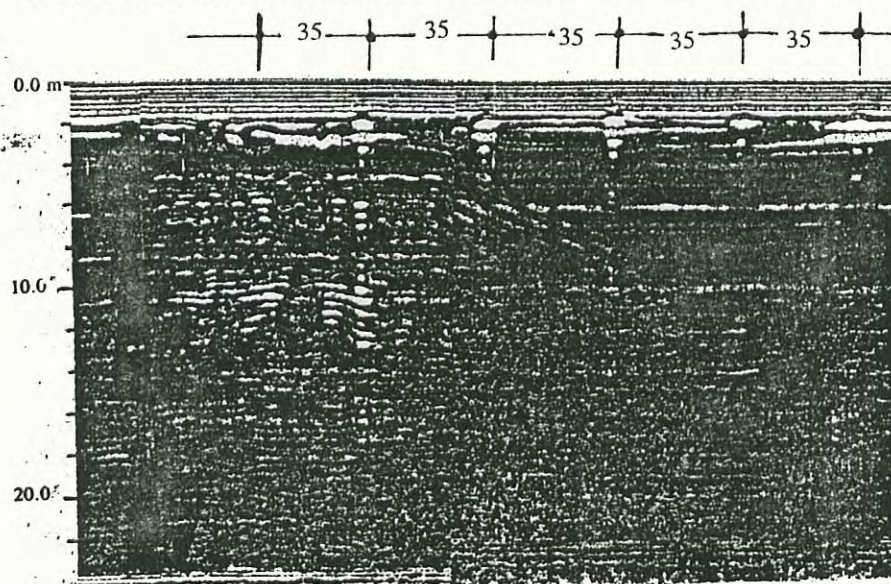
## 2.3. Jembatan Cipamokolan

Jembatan Cipamokolan terdiri dari bangunan atas tipe komposit gelagar baja dan lantai beton bertulang dengan panjang 16 meter, sedangkan bangunan bawahnya merupakan pondasi langsung beton bertulang tipe kantilever, Gambar 6. Hasil citra georadar yang diperoleh dari jembatan ini dapat dilihat pada Gambar 7.

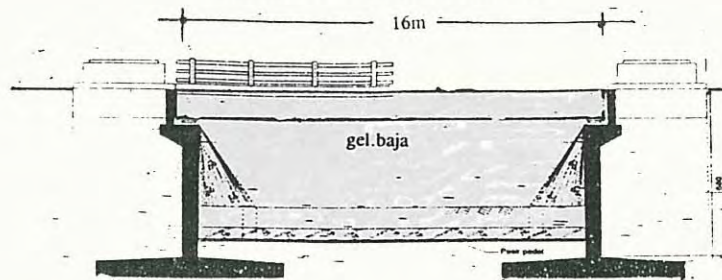
Gambar 4.  
POTONGAN PONDASI PILAR JEMBATAN LAYANG



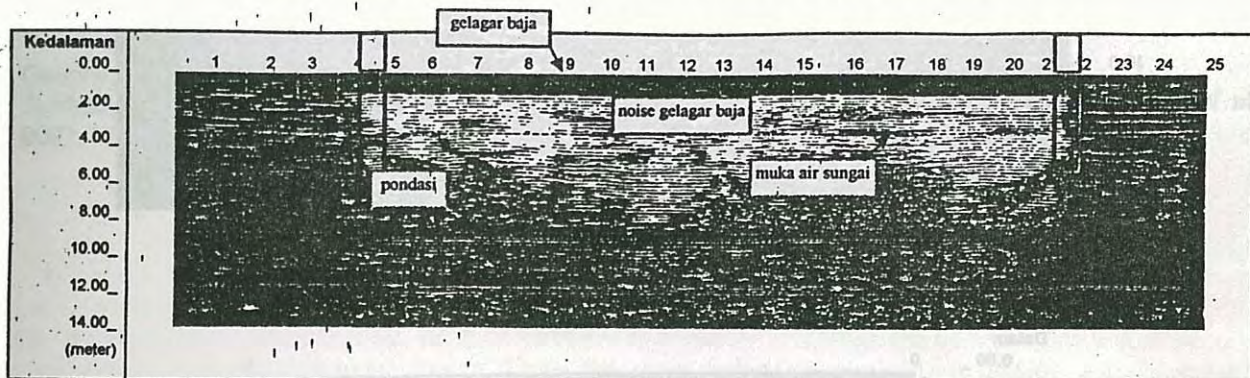
Gambar 5.  
IRISAN MEMANJANG JEMBATAN LAYANG BERDASARKAN GEORADAR



Gambar 6.  
JEMBATAN CIPAMOKOLAN



Gambar 7.  
IRISAN MEMANJANG JEMBATAN CIPAMOKOLAN DARI GEORADAR.



**Pembahasan:**

Dari citra georadar yang dihasilkan terlihat bahwa warna putih sangat mendominasi daerah dibawah gelagar, demikian pula dengan tempat yang seharusnya terdapat abutmen beton bertulangpun terisi warna putih. Ruang bebas antara permukaan air dan gelagar semuanya diisi oleh warna putih, padahal warna putih ini umumnya mencerminkan kondisi air yang mempunyai nilai konstanta dielektrik yang tinggi. Hal yang dapat menjelaskan adanya dominasi warna putih ini adalah karena adanya gelagar-gelagar baja dibawah lantai beton jembatan yang sangat mempengaruhi gelombang EM dari radar, sehingga menghasilkan citra georadar yang menyimpang dari keadaan sebenarnya. Hal ini membuktikan bahwa georadar sulit dipakai dalam menduga bangunan bawah jembatan apabila bangunan atasnya mempunyai balok/gelagar dari baja sebagaimana yang terdapat pada jembatan komposit dan sebagian jembatan rangka baja.

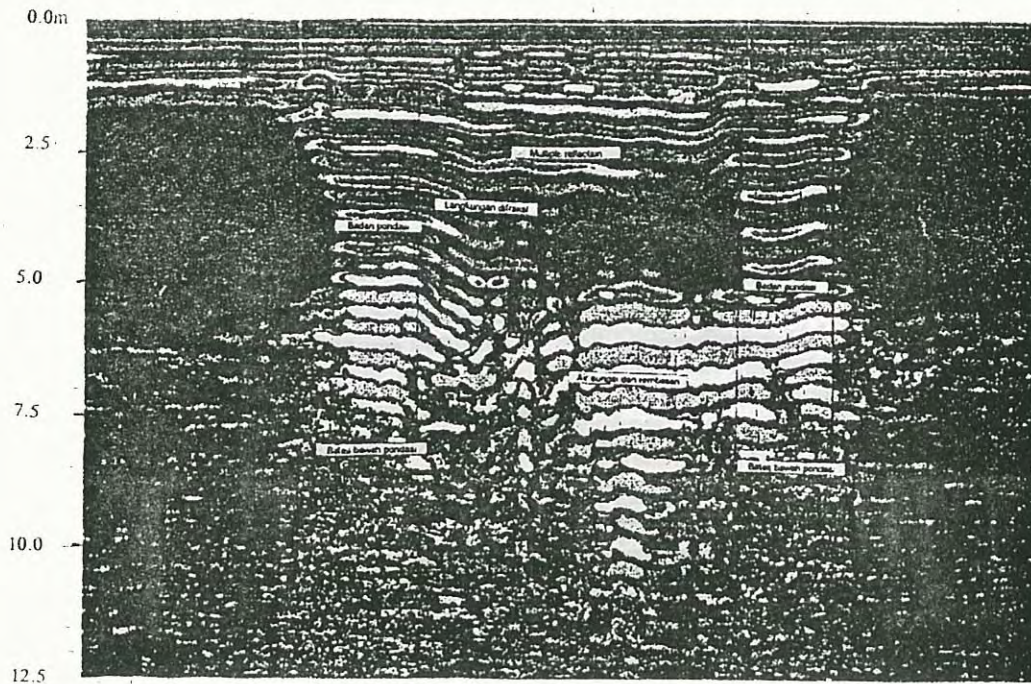
**2.4. Jembatan Ciumbuleuit.**

Jembatan Ciumbuleuit terdiri dari bangunan atas pelat beton bertulang dengan panjang bentang 5 meter yang ditumpu oleh dua buah abutment yang terbuat dari pasangan batu kali. Gambar pelaksanaan maupun gambar perencanaan dari jembatan ini sudah hilang. Guna menduga bentuk dari pondasi kepala jembatan yang ada dilakukan pendugaan dengan georadar. Hasil rekamam dari georadar untuk Jembatan Ciumbuleuit dapat dilihat pada Gambar 8.

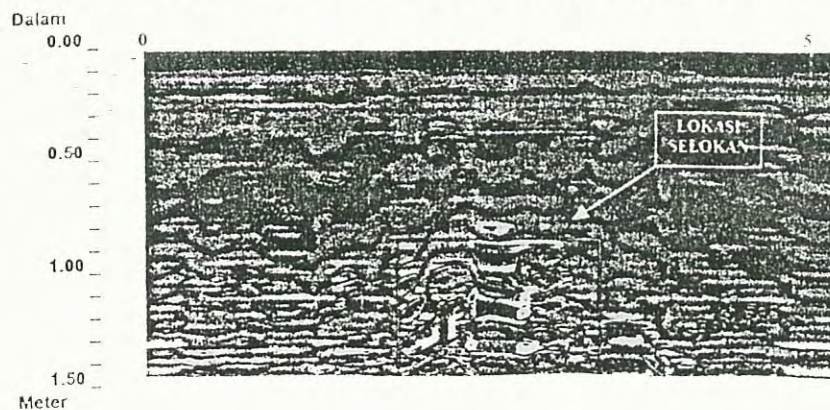
**Pembahasan:**

Dengan melihat perbedaan warna serta perubahan pola lapisan tanah disekitar abutment pada gambar diatas, terlihat dengan jelas bahwa pondasi abutmen pasangan batu kali ini dapat diduga terletak pada kedalaman 8 meter dibawah permukaan jalan yang ada dengan lebar badan abutmen sekitar 1.50 meter. Badan abutmen bagian atas terlihat membesar, hal ini dapat terjadi karena efek samping perubahan citra (difraksi) dari arah vertikal menjadi arah horisontal. Dasar sungai berada pada kedalaman 5 meter dari lantai jembatan, hal ini sesuai dengan hasil pengukuran keadaan sebenarnya dilapangan. Tanah dari mulai dasar sungai sampai kedalaman 10 meter kondisinya basah berair seperti yang ditunjukkan dengan warna putih pada citra georadar. Warna hitam dibelakang abutmen sampai kedalaman 5 meter menunjukkan adanya tanah lempung, sedangkan mulai kedalaman 5 meter samapi kedalaman 12.5 meter warna tanah menjadi hitam kemerahan. Hal itu menunjukkan kondisi tanah mengandung pasir/batuan basah berair. Hal lain yang menarik dari citra georadar diatas adalah tergambarnya lapisan perkerasan jalan, dalam gambar tampak jelas bahwa permukaan subgrade terletak pada kedalaman 1.6 meter dibawah permukaan jalan.

Gambar 8.  
IRISAN MEMANJANG JEMBATAN CIUMBULEUIT BERDASARKAN GEORADAR



Gambar 9.  
CUTRA RADAR TERHADAP GORONG-GORONG DI BAWAH JALAN



#### 2.4. Gorong-gorong

Selain untuk menduga bangunan bawah jembatan, georadar dapat juga digunakan untuk mendeteksi adanya bangunan pelengkap jalan lainnya seperti gorong-gorong ataupun box culvert yang terletak dibawah badan jalan. Hasil pendugaan terhadap bentuk dan letak gorong-gorong diameter 1.0 meter yang terletak pada kedalaman satu meter dibawah permukaan jalan dapat dilihat pada Gambar 9.

##### *Pembahasan:*

Dari perbedaan warna yang ada pada citra radar Gambar 9, terlihat bahwa gorong-gorong terletak pada kedalaman 1.0 meter dibawah permukaan jalan. Perkerasan jalan dicerminkan dengan warna merah, sedangkan gorong-gorong berair dicerminkan dengan warna putih. Hasil pendugaan gorong-gorong dengan georadar ini mendekati keadaan sebenarnya dilapangan.

#### III. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi terhadap penerapan georadar dalam menduga bentuk konstruksi bangunan bawah jembatan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Georadar dapat digunakan untuk mendeteksi bentuk dan kedalaman pondasi langsung dan pondasi tiang pancang dengan hasil yang cukup baik, apabila disekitar pondasi terdapat tanah lempung basah. Hal itu terjadi mengingat konstanta dielektrika dari bahan pondasi (baja/beton) akan berbeda dengan lempung basah disekitarnya, sehingga akan menimbulkan warna kontras pada citra yang dihasilkan.
- Georadar sukar digunakan untuk menduga bangunan bawah jembatan apabila pondasi terletak pada tanah yang mempunyai nilai konstanta dielektrik hampir sama dengan bahan beton/baja, seperti pada tanah padas.

Demikian pula gelagar baja yang peka terhadap gelombang elektro magnet, dapat mengaburkan citra yang dihasilkan dari pendugaan georadar.

- Georadar dapat digunakan untuk menduga kedalaman, bentuk dan dimensi dari gorong-gorong/box culvert yang berada dibawah badan jalan dengan hasil yang cukup baik.

#### DAFTAR PUSTAKA.

- Fenning P and Brown A, 1995, *Ground Penetrating Radar Investigation*, Construction repair, 6<sup>th</sup> International Conference on Structural Fault & Repairs, London.
- Geophysical Survey System Inc, 1995, *Sub Surface Interface Radar*, North Salem NH 03073-0097, USA.
- Mast et al., 1996, *Impulse Radar Imaging: Application to Historic Buildings*.
- Transportation Research Board, 1996, *Nondestructive Testing of Unknown Subsurface Bridge Foundations*, Result of NCHRP Project 21-5, Research Result Digest.
- Geophysical Survey, 1989, *Use of Surface Geophysical Methods to Asses River Bed Scour at Bridge Piers*.
- Witarnawan, W, 1998, *Penentuan Nilai Sisa Kekuatan Struktur Bangunan Bawah Jembatan*, Laporan Penelitian, Pusat Litbang Jalan.

#### **Penulis :**

*Ir. Wawan Witarnawan S, MSc. ME, Peneliti muda bidang Jembatan, Pusat Litbang Jalan.*