DETEKSI DAN ESTIMASI DIMENSI DAN LOKASI OBJEK BAWAH TANAH PADA APLIKASI GROUND PENETRATING RADAR (GPR) BERBASIS PENGOLAHAN SINYAL C-SCAN DETECTION AND ESTIMATION OF UNDERGROUND OBJECT DIMENSION AND LOCATION IN GROUND PENETRATING RADAR (GPR) APPLICATION BA

Agus Dwi Prasetyo[1], Heroe Wijanto[2], Koredianto Usman[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

ABSTRAK Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu jenis radar yang digunakan untuk mendeteksi objek yang berada di dalam tanah. Antena pengirim GPR mentransmisikan impuls elektromagnetik menembus tanah dan mengenai objek. Sebagian impuls yang diterima objek akan dipantulkan kembali oleh objek tersebut dan diterima oleh antena penerima. Dari sinyal pantul akan didapatkan informasi posisi dan bentuk objek melalui beberapa tahap pemrosesan sinyal.

Beberapa tahap pemrosesan sinyal yang dilakukan meliputi A-scan, Bscan, serta C-scan. Pada tahap A-scan dilakukan pembersihan sinyal pantul dari objek yang diinginkan terhadap sinyal pantul dari clutter. Pada tahap B-scan dilakukan pemrosesan sinyal bersih sehingga diperoleh data sinyal secara 2 dimensi irisan vertikal dari permukaan tanah. Pada tahap C-scan dilakukan pengolahan sinyal secara 3 dimensi dari beberapa informasi B-Scan bersih menjadi data estimasi profil objek bawah tanah.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan proses deteksi dan estimasi karakteristik objek bawah tanah pada aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR) berbasis pengolahan sinyal C-scan. Karakteristik yang dimaksud adalah meliputi dimensi dan lokasi objek.

Secara umum pengolahan C-Scan melibatkan tahap pengaturan data masukan (data B-Scan), tahap pengkonstruksian data C-Scan horizontal view (raw dan interpolated information), serta tahap estimasi lokasi keberadaan objek bawah tanah. Pada tahap pengaturan data masukan, dibutuhkan data-data B-Scan yang telah memenuhi syarat-syarat yang ditentukan. Pada tahap pengkonstruksian horizontal view, diperlukan teknik interpolasi dan teknik penskalaan terhadap data aktual lapangan. Pada tahap estimasi lokasi keberadaan objek bawah tanah, semua informasi keberadaan objek dari data C-Scan yang meliputi koordinat tiga dimensi objek divisualisasikan dalam informasi dengan penskalaan aktual lapangan.

Kata Kunci : GPR, C-scan, deteksi, estimasi, dimensi, lokasi

Abstract
Ground Penetrating Radar (GPR) is one of radar type which applied for detecting underground object. The transmitter antenna of GPR transmits electromagnetic impulses that penetrate the ground and concern the object. Partly received impulses will be reflected by the object and received by receiving antenna. From reflect signal will be got the position information and form of object by some signals processing steps.
Some signals processing steps which done covering A-Scan, B-Scan, and also C-Scan. At A-Scan step, the reflecting signals from object which wanted will be cleaned from clutters. At B-Scan step, the clean signals data will be processed to obtain signals data in 2 dimension vertical slice from surface of ground. At CScan step, some information of cleaned B-Scan is processed in 3 dimension to obtain the undergrounds objects estimated profiles data.
The final assignment will be done by underground object characteristics estimation and detection process at the Ground Penetrating Radar (GPR) application based on C-Scan signal processing. The characteristics which intended covers object location and dimension.
C-Scan processing generally includes arrangement of input data (B-Scan data) step, C-Scan horizontal view construction (raw and interpolated) step, and also location estimation of underground object existence step. At arrangement of input data step, B-Scan data which have fulfilling the determined conditions are required. At C-Scan horizontal view construction step, interpolation and scaling technique to actual data are required. At location estimation of underground object existence step, all information of object existence from C-Scan data covering three dimension co-ordinate of object is visualized in actual scaled information.

Keywords : GPR, C-scan, detection, estimation, location, dimension

---

1. Pendahuluan

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan sistem yang sangat berguna untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada atau terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali tanah. Dengan adanya alat ini, berbagai kegiatan atau penelitian yang memerlukan informasi keadaan di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih murah dibandingkan teknik lainnya.

Tahap pemrosesan sinyal yang dilakukan dalam proses pencitraan objek bawah permukaan tanah pada GPR meliputi *A-scan*, *B-scan*, serta *C-scan*. Pada tahap *A-scan* dilakukan pembersihan sinyal pantul dari objek yang diinginkan terhadap sinyal pantul dari *clutter*. Pada tahap *B-scan* dilakukan pemrosesan sinyal bersih sehingga diperoleh data sinyal secara 2 dimensi irisan vertikal dari permukaan tanah. Pada tahap *C-scan* dilakukan pengolahan dari hasil *B-Scanning* secara 3 dimensi.

2. Dasar Teori

2.1 GPR

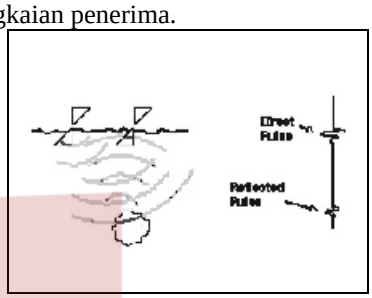
2.1.1 Pendahuluan

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan sistem radar yang dirancang dalam pendeteksian objek yang terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali ataupun mengebor tanah. GPR juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik permukaan bawah tanah. Teknologi radar ini memiliki beberapa kelebihan diantara metode geofisika lainnya, diantaranya:

a. Biaya operasional lebih murah
b. Resolusi yang sangat tinggi karena menggunakan frekuensi tinggi (*broadband* atau *wideband*)
c. Pengoperasian yang cukup mudah
d. Merupakan metoda *non-destructive* sehingga aman digunakan.

2.1.2 Prinsip Kerja GPR

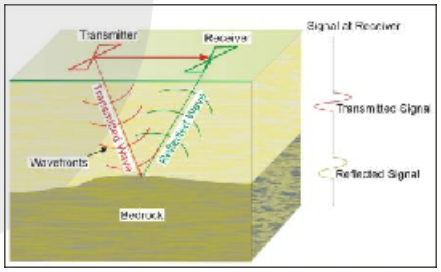
Pada dasarnya GPR bekerja dengan memanfaatkan pemantulan sinyal. Semua sistem GPR pasti memiliki rangkaian pemancar (*transmitter*), yaitu sistem antena yang terhubung ke sumber impuls (*pulse generator*), dan rangkaian penerima (*receiver*), yaitu sistem antena yang terhubung ke unit pengolahan sinyal. Rangkaian pemancar akan menghasilkan impuls listrik dengan bentuk, *prf* (*pulse repetition frequency*), energi, dan durasi tertentu. Impuls ini akan dipancarkan oleh antena ke dalam tanah. Kemudian impuls akan mengalami atenuasi dan cacat sinyal lainnya selama perambatannya di dalam tanah. Jika tanah bersifat homogen, maka sinyal yang dipantulkan akan sangat kecil. Jika impuls menabrak suatu inhomogenitas di dalam tanah, maka akan ada sinyal yang dipantulkan ke antena penerima. Sinyal ini kemudian diproses oleh rangkaian penerima.



Gambar 2.1 *Ilustrasi Sistem GPR*

Dari proses pendeteksian seperti di atas, maka akan didapatkan suatu citra dari letak dan bentuk objek yang terletak di bawah tanah atau di permukaan tanah. Untuk menghasilkan pendeteksian yang baik, suatu sistem GPR harus memenuhi empat persyaratan sebagai berikut:

1. Kopling radiasi yang efisien ke dalam tanah.
2. Penetrasi gelombang elektromagnetik yang efisien.
3. Menghasilkan sinyal dengan amplitudo yang besar dari objek yang dideteksi.
4. Bandwidth yang cukup untuk menghasilkan resolusi yang baik.



Gambar 2.2 *Prinsip kerja GPR*

Kedalaman objek dapat diketahui dengan mengukur selang waktu antara pemancaran dan penerimaan impuls. Dalam selang waktu ini, impuls akan bolak balik dari antena ke objek dan kembali lagi ke antena. Jika selang waktu dinyatakan dalam t, dan kecepatan propagasi gelombang elektromagnetik dalam tanah v, maka kedalaman objek yang dinyatakan dalam h adalah:

$$h = \frac{1}{2}tv \qquad (2.1)$$

Untuk mengetahui kedalaman objek yang dideteksi, kecepatan perambatan dari gelombang elektromagnetik haruslah diketahui. Kecepatan perambatan tersebut tergantung kepada kecepatan cahaya di udara, konstanta dielektrik relatif medium perambatan.

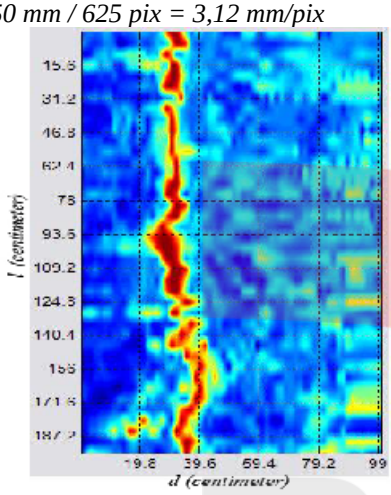
demikian didapatkan nilai-nilai yang dapat diskalakan dengan informasi matriks 625x1009. Gambar 4.2 menunjukkan penskalaan tersebut.

l = (N-1) (s) = (39) (0.05 m) = 1,95 m

Jarak per piksel terhadap kondisi riil :

d = 1000 mm / 1009 pix = 0,9911 mm/pix

l = 1950 mm / 625 pix = 3,12 mm/pix



Gambar 4.2 *Penskalaan Posisi Riil Horizontal View*

4.2.2 Lokasi Kedalaman Objek

Pada tahap pengestimasian lokasi kedalaman objek yang telah dilakukan, terlihat bahwa tahap ini memiliki metode yang hampir sama dengan tahap estimasi lokasi horizontal, yaitu dengan melibatkan penskalaan dimensi matriks informasi terhadap kondisi sesungguhnya di lapangan.

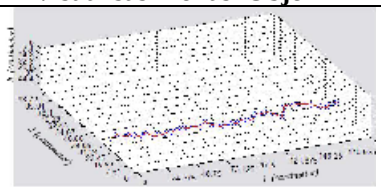
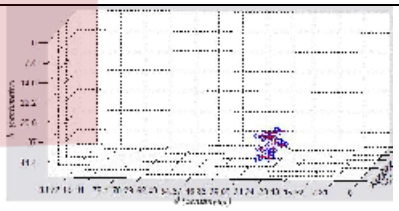
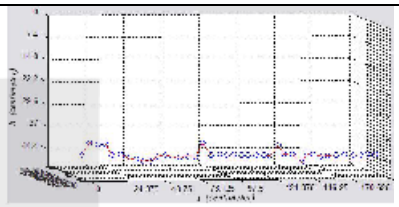
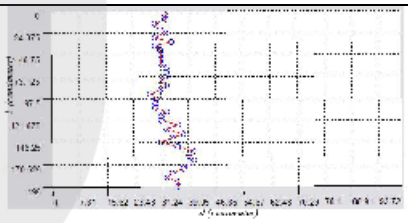
Telah didapatkan sebelumnya melalui pengamatan bahwa kedalaman yang dicapai pada *scanning* dengan menggunakan frekuensi 2 GHz dengan beton (ε_r = 9) sebagai media perambatan gelombang elektromagnetik adalah sekitar 0,5 meter dengan pergeseran intensitas maksimum terhadap letak *riil* objek adalah sekitar 520 piksel.

Dengan teknik penyimpanan koordinat letak intensitas dan penambahan nilai pergeseran terhadap letak objek, maka di dapatkan kedalaman objek. Proses menunjukkan letak kedalaman objek per irisan vertikal *B-Scan*, dengan jarak vertikal *riil* di lapangan yaitu *(0.5m) / 673 pix = 0,7429 mm/pix*.

4.2.3 Analisis Estimasi Lokasi Objek

Dari beberapa tahap yang telah dilakukan sebelumnya, maka diperoleh beberapa interpretasi dari lokasi objek yang berada di dalam tanah. Tabel 4.1 berisi gambar yang menunjukkan estimasi letak horizontal dan vertikal (kedalaman) objek yang telah dideteksi pada beberapa visualisasi koordinat *l*, *d*, dan *h* yang dilihat pada berbagai sudut pandang (pada *software* hasil implementasi diberikan aplikasi rotasi tiga dimensi).

Tabel 4.1 Informasi Estimasi Lokasi Objek

No.	Visualisasi Lokasi Objek
1	
2	
3	
4	

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang dikerjakan dalam tugas akhir ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum pengolahan *C-Scan* melibatkan tahap pengaturan data masukan (data *B-Scan*), tahap pengkonstruksian data *C-Scan horizontal view* (*raw* dan *interpolated information*), serta tahap estimasi lokasi keberadaan objek bawah tanah.
2. Data *B-Scan* yang digunakan dalam proses *C-Scan* termasuk dalam kebutuhan data yang optimal karena dari hasil *C-Scanning* pada bidang horizontal didapatkan hasil yang menunjukkan informasi dari objek yang diteliti.
3. Teknik interpolasi yang digunakan pada tahap estimasi dimensi objek dalam *horizontal view* adalah 4 kali rekursivitas *interpolation algorithm* (merekonstruksi

informasi matriks awal berukuran 40x64 menjadi matriks berukuran 625x1009) mendapatkan hasil yang optimal.

4. Pada proses penskalaan informasi *C-Scan horizontal view* didapatkan hubungan piksel terhadap metrik yaitu *d = 1000 mm / 1009 pix = 0,9911 mm/pix* dan *l = 1950 mm / 625 pix = 3,12 mm/pix.*
5. Pada tahap estimasi lokasi berdasarkan visualisasi *horizontal view*, didapatkan hasil informasi yang menunjukkan bahwa objek berada pada posisi sumbu *d* adalah sekitar 20 cm sampai dengan 40 cm terhadap posisi 0 cm sumbu, serta objek melintang di sepanjang sumbu *l.*
6. Pada tahap estimasi kedalaman objek bawah tanah, didapatkan hubungan piksel terhadap metrik yaitu *h = (0.5m) / 673 pix = 0,7429 mm/pix*, sehingga dari pemrosesan pada tahap ini dihasilkan informasi kedalaman objek adalah sekitar 39 cm sampai dengan 46 cm dari permukaan tanah.

5.2 Saran

Untuk perkembangan selanjutnya yang dilakukan pada sistem pengolahan citra *C-Scan* pada sistem GPR:

1. Diperlukan data yang lebih bervariasi untuk memeriksa kehandalan proses estimasi dimensi dan lokasi objek bawah tanah.
2. Diperlukan optimalisasi informasi yang dihasilkan dari proses *A-Scan* dan *B-Scan.*
3. Analisis dimensi objek yang terintegrasi dengan *object template* untuk beberapa jenis dan bentuk pada penelitian selanjutnya.
4. Berbagai teknik yang mendukung kehandalan *software* pada Tugas Akhir ini misalnya teknik *alignment* atau *filtering* pada penelitian selanjutnya.
5. Analisis kedalaman objek yang didasari pada konsep pembentukan data 3 dimensi baik dari *value* maupun koordinat perlu diujikan pada beberapa jenis, bentuk, dan letak objek pada penelitian selanjutnya.
6. Penggunaan atau pembuatan software yang mendukung pengolahan data dan visualisasi informasi dalam 3 dimensi perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya.
7. Pengembangan lebih lanjut pada tahap identifikasi karakteristik objek yang terdeteksi dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya.

6. Referensi

[1] Away, Gunaidi Abdia, *"The Shortcut of MATLAB Programming"*, Penerbit Informatika, Bandung, 2006.

[2] Daniels, D.J,"*Surface Penetrating Radar*", The Institution of Electrical Engineers, London, 1996.

[3] Daniels, D.J,"*Ground Penetrating Radar 2nd Edition*", the Institution of Electrical Engineers, London, 2004.

[4] Fritzsche, Martin. "*Anwendung von Verfahren der Mustererkennung zur Detektion von Landminen mit Georadaren*", Fakultät für Elektrotechnik der Universität Fridericiana, Karlsruhe, 2001.

[5] Kovalenko, Vsevolod, "*Multi-Waveform Full-Polarimetric GPR Sensor for Landmine Detection"*, IRCTR, ITS, Delft University of Technology, The Netherlands, 2004.

[6] Nixon.S Mark, Aguado.S Alberto. "*Feature Extraction and Image Processing*", Newnes, Woburn, 2002.

[7] Syarif, Tesha Rofelina Larasati. "*Desain dan Simulasi Antena Logarithmic Spiral untuk Ground Penetrating Radar (GPR)*", IT Telkom, Bandung, 2007.

[8] The Mathwork.Inc, "*Image Processing Toolbox User's Guide*", The Mathwork Inc, 1997.

informasi matriks awal berukuran 40x64 menjadi matriks berukuran 625x1009) mendapatkan hasil yang optimal.

4. Pada proses penskalaan informasi *C-Scan horizontal view* didapatkan hubungan piksel terhadap metrik yaitu *d = 1000 mm / 1009 pix = 0,9911 mm/pix* dan *l = 1950 mm / 625 pix = 3,12 mm/pix.*
5. Pada tahap estimasi lokasi berdasarkan visualisasi *horizontal view*, didapatkan hasil informasi yang menunjukkan bahwa objek berada pada posisi sumbu *d* adalah sekitar 20 cm sampai dengan 40 cm terhadap posisi 0 cm sumbu, serta objek melintang di sepanjang sumbu *l.*
6. Pada tahap estimasi kedalaman objek bawah tanah, didapatkan hubungan piksel terhadap metrik yaitu *h = (0.5m) / 673 pix = 0,7429 mm/pix*, sehingga dari pemrosesan pada tahap ini dihasilkan informasi kedalaman objek adalah sekitar 39 cm sampai dengan 46 cm dari permukaan tanah.

5.2 Saran

Untuk perkembangan selanjutnya yang dilakukan pada sistem pengolahan citra *C-Scan* pada sistem GPR:

1. Diperlukan data yang lebih bervariasi untuk memeriksa kehandalan proses estimasi dimensi dan lokasi objek bawah tanah.
2. Diperlukan optimalisasi informasi yang dihasilkan dari proses *A-Scan* dan *B-Scan.*
3. Analisis dimensi objek yang terintegrasi dengan *object template* untuk beberapa jenis dan bentuk pada penelitian selanjutnya.
4. Berbagai teknik yang mendukung kehandalan *software* pada Tugas Akhir ini misalnya teknik *alignment* atau *filtering* pada penelitian selanjutnya.
5. Analisis kedalaman objek yang didasari pada konsep pembentukan data 3 dimensi baik dari *value* maupun koordinat perlu diujikan pada beberapa jenis, bentuk, dan letak objek pada penelitian selanjutnya.
6. Penggunaan atau pembuatan software yang mendukung pengolahan data dan visualisasi informasi dalam 3 dimensi perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya.
7. Pengembangan lebih lanjut pada tahap identifikasi karakteristik objek yang terdeteksi dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya.

6. Referensi

[1] Away, Gunaidi Abdia, *"The Shortcut of MATLAB Programming"*, Penerbit Informatika, Bandung, 2006.

[2] Daniels, D.J,"*Surface Penetrating Radar*", The Institution of Electrical Engineers, London, 1996.

[3] Daniels, D.J,"*Ground Penetrating Radar 2nd Edition*", the Institution of Electrical Engineers, London, 2004.

[4] Fritzsche, Martin. "*Anwendung von Verfahren der Mustererkennung zur Detektion von Landminen mit Georadaren*", Fakultät für Elektrotechnik der Universität Fridericiana, Karlsruhe, 2001.

[5] Kovalenko, Vsevolod, "*Multi-Waveform Full-Polarimetric GPR Sensor for Landmine Detection"*, IRCTR, ITS, Delft University of Technology, The Netherlands, 2004.

[6] Nixon.S Mark, Aguado.S Alberto. "*Feature Extraction and Image Processing*", Newnes, Woburn, 2002.

[7] Syarif, Tesha Rofelina Larasati. "*Desain dan Simulasi Antena Logarithmic Spiral untuk Ground Penetrating Radar (GPR)*", IT Telkom, Bandung, 2007.

[8] The Mathwork.Inc, "*Image Processing Toolbox User's Guide*", The Mathwork Inc, 1997.