

MEASUREMENT OF SPATIAL RESOLUTION OF ULTRASONIC TOMOGRAPHY BY MEASURING THE LINE SPREAD FUNCTION

Ego Srivajawaty Sinaga¹

Program Studi Teknik Geofisika
Universitas Cendrawasih
Kampus Baru UNCEN Waena, Jayapura-Papua 99352
Email: svivajawati@ymail.com



Intisari - Telah dilakukan penelitian pengukuran Resolusi Ruang/Spasial Tomografi Ultrasonik. Tujuan penelitian ini adalah mengukur Resolusi Spasial Tomografi Ultrasonik melalui pengukuran fungsi sebar garis atau line spread function (LSF). Sistem Tomografi Ultrasonik baru tahap pengujian awal untuk mengetahui kemungkinan pengembangannya lebih lanjut menjadi fasilitas Tomografi Ultrasonik yang sebenarnya. Penelitian ini menggunakan obyek yang berbentuk silinder yang terbuat dari bahan pasir dan semen dengan perbandingan volume 1:3, yang di dalamnya diberi ruang berbentuk kotak yang terbuat dari bahan semen, gypsum dan pasir dengan perbandingan volume 1:4:2 dengan ukuran diameter silindernya ($11,2 \pm 0,01$) mm, lebar kotak ($3,8 \pm 0,01$) mm dan panjang kotak ($5,8 \pm 0,01$) mm. Sistem ini menggunakan resolusi data (Proyeksi x Ray-sum) sebesar 200×127 , perubahan sudut proyeksi $0,9^\circ$. Citra yang diperoleh kemudian dianalisa menggunakan program excel selanjutnya untuk proses fitting grafik digunakan program MATLAB R2007B. Hasil resolusi ruang yang diperoleh untuk pengukuran secara manual adalah 0,489 mm atau sekitar 5 piksel dan hasil resolusi ruang secara eksperimen berkisar pada nilai ($2,120 \pm 0,04$) mm sampai ($36,660 \pm 0,04$) mm atau sekitar 1 piksel sampai 12 piksel.

Kata kunci : Tomografi Ultrasonik, Resolusi ruang/spasial.

Abstract - Measurement of Spatial Resolution of Ultrasonic Tomography has been done. The objective of this research was to measure the Spatial Resolution of Ultrasonic Tomography by measuring the line spread function (LSF). A new Ultrasonic Tomography System has been build in the early step to determine the possibility of further development into the actual facility Ultrasonic Tomography. This study uses a cylindrical object made of sand and cement with a volume ratio of 1:3 with a cube inside made of cement, gypsum and sand in the volume ratio of 1:4:2. The diameter of the cylinder is (11.2 ± 0.01) mm, cube length and wide is (3.8 ± 0.01) mm and (5.8 ± 0.01) mm, respectively. This system uses the data resolution (Projection x Ray-sum) of 200×127 with an increament of projection angles of 0.9° . Images obtained were analyzed using excel program. Moreover, the MATLAB program R2007B used in the graph fitting process. The results obtained for spatial resolution measurements manually is 0.489 mm or about 5 pixels and the spatial resolution results in experiments ranged in value of (2.120 ± 0.04) mm until (36.660 ± 0.04) mm or about 1 pixels until 12 pixels.

Key words: Ultrasonic Tomography, Resolution space/spatial.

1. PENDAHULUAN

Tomografi berasal dari bahasa Yunani “*tomos*” yang berarti memotong dan “*graphien*” yang berarti melukis. Tomografi dapat diartikan sebagai suatu teknik untuk mendapatkan gambar potongan suatu obyek. Teknik tomografi modern dapat membuat citra tampang lintang obyek sehingga struktur

internal obyek dapat diketahui tanpa merusak obyek tersebut (Suparta, 1999).

Sejalan dengan perkembangan kebutuhan dan teknologi, Grup Riset Fisika Citra Jurusan Fisika UGM sedang mengembangkan alat Tomografi Ultrasonik Sebagai alat uji dan inspeksi, suatu sistem Tomografi Ultrasonik seharusnya mempunyai akurasi

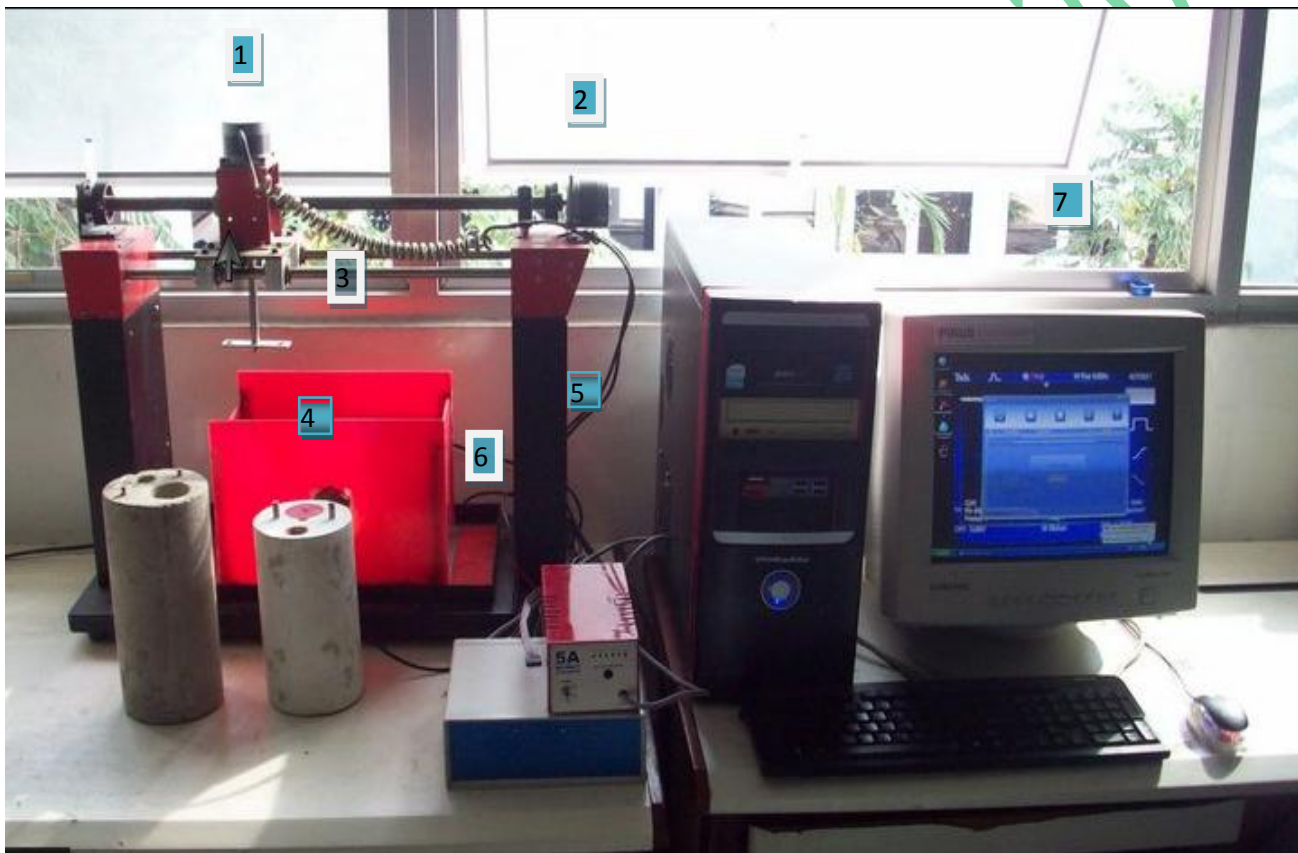
dan presisi tertentu, sehingga memberikan informasi citra internal obyek yang akurat. Adanya informasi yang tepat akan membantu proses interpretasi terhadap citra tampang lintang obyek tersebut oleh pengguna secara lebih baik.

Tingkat akurasi dan presisi sistem Tomografi Ultrasonik mestinya merupakan ukuran unjuk kinerja ruang/spasial Tomografi Ultrasonik melalui pengukuran fungsi sebar garis atau *line spread function* (LSF)

II. METODE EKSPERIMEN

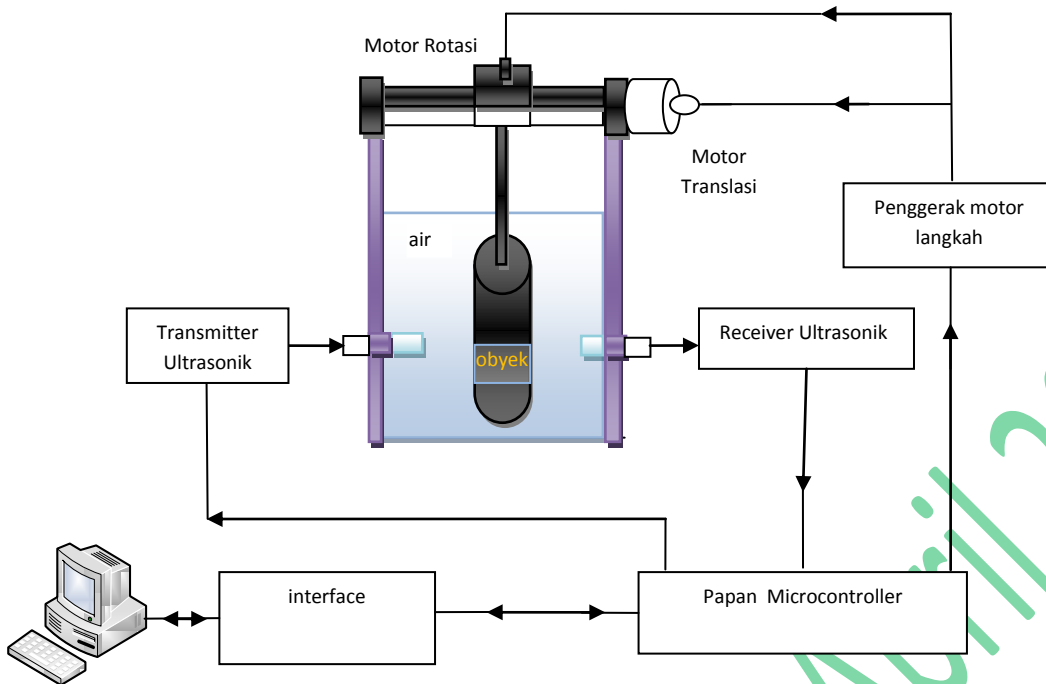
1. Alat

sistem Tomografi Ultrasonik tersebut. Idealnya suatu sistem Tomografi Ultrasonik seharusnya memberikan citra rekonstruksi yang merupakan representasi fisis dari obyek yang diperiksa, karena resolusi ruang dari Tomografi Ultrasonik belum ditentukan maka peneliti bertujuan mengukur resolusi



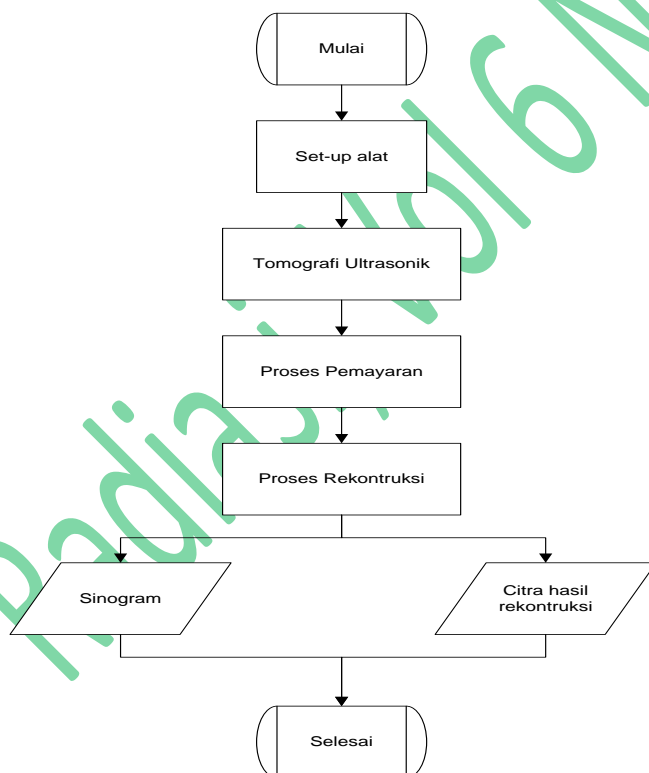
Gambar 1. Peralatan sistem tomografi ultrasonik (1)Motor langkah rotasi, (2) Motor langkah translasi,(3) Bak air, (4) Obyek, (5) Catu daya, (6) Unit rangkaian elektronika, (7) computer

2. Susunan alat untuk proses pengambilan data digambarkan pada Gambar 2



Gambar 2. Skema Sistem Tomografi Ultrasonik

3. Skema Tahapan Eksperimen



Gambar 3. Digram alir eksperimen

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Resolusi Spasial Fungsi Sebar Sisi

Resolusi spasial dari suatu sistem pencitraan dapat diturunkan dengan menentukan lebar setengah puncak (*fwhm*) melalui eksperimen pengukuran fungsi sebar garis $L(x)$, jika $E(x)$ merupakan fungsi sebar sisi (ESF) sistem maka gradient dari grafik ESF pada setiap nilai x merupakan fungsi sebar garis (LSF). $L(x)$ yang secara matematis ditulis seperti persamaan (2),

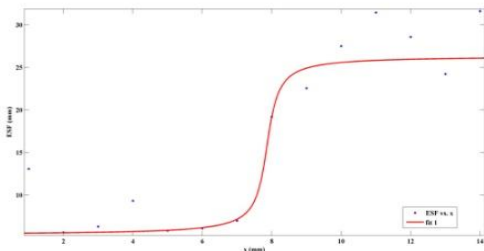
Dengan λ merupakan parameter resolusi yang diperoleh dari proses *fitting* persamaan diatas.

C) Persamaan fungsi sebar garis diperoleh dari menurunkan persamaan *fitting* tersebut terhadap x , sehingga diperoleh persamaan (2)

Dengan menggunakan program matlab R2007b, dari hasil eksperimen dibuat grafik ESF terhadap x . Hasil eksperimen dan proses *fitting* memberikan hasil perhitungan secara *fitting* dengan harga paling sesuai dengan respon deteksi grafik ESF diperoleh persamaan *fitting* seperti persamaan (3) :

$$ESF(x) = 0,55 + tg^{-1} \lambda \left(\frac{x - x_0}{\pi c} \right) \quad (3)$$

Hasil yang diperoleh dari persamaan (3) pada data pertama yang diambil dari sisi kiri obyek dengan ukuran (28 × 16) mm pada data rekonstruksi citra adalah $\lambda = 11,210$ mm, $x_0 = 8,033$ mm, $c = 0,742$ mm, grafik ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik *Fitting* ESF terhadap x , *Goodness of fit* SSE : 240.7, RMSE = 4.303 R-square = 0.8964, dan Adjusted R-square = 0.8805.

sehingga LSF dapat diperoleh dengan tiga tahap (Kusminarto, 1986), yaitu :

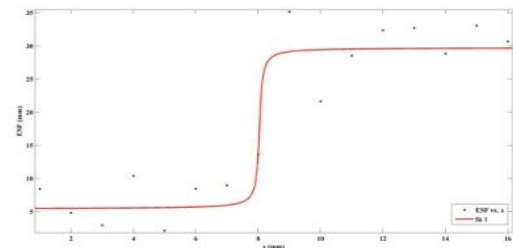
- Eksperimen Fungsi Sebar Sisi (ESF) Yaitu ditentukan secara eksperimen pengukuran fungsi sebar sisi, kemudian grafik tersebut dinormalisasi dengan membagi intensitas radiasi paling tinggi.
- Dari persamaan ESF (fungsi sebar sisi) dilakukan *fitting* terhadap fungsi sebar sisi seperti persamaan (1)

$$ESF(x, x_0) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} tg^{-1} (\lambda(x - x_0)) \quad (1)$$

$$LSF = \frac{\lambda/\pi}{1 + \lambda^2(x - x_0)^2} \quad (2)$$

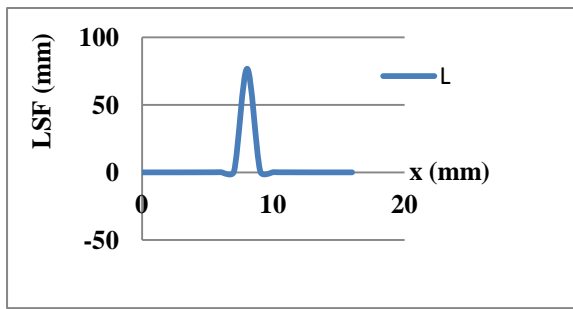
Hasil yang diperoleh data kedua yang diambil dari sisi kanan obyek dengan ukuran (24 × 14) mm pada data rekonstruksi citra adalah

$\lambda = 4,021$ mm, $x_0 = 7,864$ mm, $c = 0,667$ mm. Grafik ditampilkan pada Gambar 2.



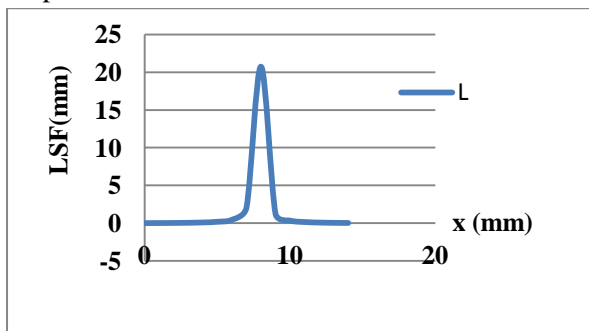
Gambar 2. Grafik *Fitting* ESF terhadap x , *Goodness of fit* R-square = 0.8926, dan Adjusted R-square = 0.8731.

Selanjutnya nilai λ , x_0 , dan c digunakan untuk mencari fungsi sebar garis (LSF) melalui persamaan fungsi sebar sisi (ESF) dengan cara mendiferensialkan persamaan fungsi sebar sisi (ESF(x)). Hasil data pertama jika dideferensialkan akan memperoleh grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan LSF terhadap x

Hasil data kedua setelah dideferensialkan akan memperoleh Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan LSF terhadap x

2. Perhitungan Resolusi Spasial Fungsi Sebar Garis

Resolusi spasial fungsi sebar garis dapat dicari secara langsung yaitu dengan menentukan lebar setengah puncak atau *full-width-at-half-maximum* (fwhm) fungsi sebar garis. Resolusi spasial dihitung dari lebar setengah puncak (fwhm) dari grafik tersebut. Nilai satu piksel pada citra setara dengan 0,08 mm yang diperoleh dari persamaan (4):

$$\Delta x = \frac{\text{scanning area}}{\text{langkah}} \quad (4)$$

maka,

$$\Delta x = \frac{10,62}{126} = 0,08 \text{ mm}$$

Perhitungan hasil resolusi ruang yang diperoleh untuk pengukuran secara manual adalah 0,500 mm atau sekitar 5 piksel. Sedangkan hasil perhitungan fwhm secara eksperimen dari fungsi sebar garis ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Resolusi Spasial Fungsi Sebar Garis

Data	c (mm)	Resolusi λ (mm)	x_0 (mm)	$fwhm$ (mm)	$fwhm$ (piksel)
1	0,742	$(11,210 \pm 0,04)$	$(8,033 \pm 0,04)$	$(0,178 \pm 0,001)$	2
2	0,668	$(4,012 \pm 0,04)$	$(7,864 \pm 0,04)$	$(0,498 \pm 0,001)$	5

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan pembahasannya dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil rata-rata pengukuran resolusi spasial tomografi ultrasonik melalui pengukuran fungsi sebar garis adalah $(12,857 \pm 0,04)$ mm
2. Nilai fwhm (*full width at half maximum*) yang terbaik berkisar pada nilai $(0,055 \pm 0,001)$ mm sampai $(0,094 \pm 0,001)$ mm atau sekitar 1 piksel.
3. Resolusi spasial sistem pencitraan yang diperoleh berkisar pada nilai $(2,120 \pm 0,04)$

mm hingga $(36,660 \pm 0,04)$ mm atau sekitar 1 piksel sampai 12 piksel.

DAFTAR PUSTAKA

- Bueche, R.J., 1986, *Introduction to Physics for Scientist and Engineers*, New York, MC Graw-Hill, pp 50-56.
- Cameron J.R., and Skofronick J.G., 1978, *Medical Physics*, New York: John Wiley & Sons Inc, pp 253-287.
- Chen, Y., Wen, Y. and Li, P., 2006, *Characterization of PZT Ceramic Transducer Embedded in Concrete*, *Sensors and Actuators A* 128 116–124.

- Greenleaf, J.F., 1983, Computerized Tomography with Ultrasound, *Proceedings of the IEEE*. Vol.71, No. 3., New York.
- Kak, A.C., and Slaney, M., 1999, Principles of computerized Tomographic Imaging, IEEE Press, Newyork.
- Kusminarto, 1986, *Study and Development of Techniques in Computerized Neutron Tomography*, Disertasi, University of surrey.
- Lin, C.J., Kao, Y.C., Lin, T.T., Tsai, M.J., Wang, S.Y., Lin, L.D., Wang, Y.N., and Chan, M.H., 2008, *Application of an ultrasonic tomographic technique for detecting defect in standing trees*, *International Biodeterioration & Biodegradation* 62 434-441.
- Prassianakis, I.N., 2004, *Ultrasonic Testing of Non-Metallic Materials : Concrete and Marble*, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 42 191-198.
- Suparta, G.B., 1989, *Teknik Rekontruksi Citra Tomografi Secara Aljabar*, Skripsi, FMIPA Fisika UGM, Yogyakarta.



Radiasi, Vol 6 No.1 April 2015