

# Teknik Koreksi Posisi dan Bentuk Objek Citra dalam Basis Waktu-Bilangan Gelombang

Is Mardianto<sup>1</sup>

**Abstract**—In the case of radar imagery, the image is the result of convolution between the wave source and the reflection coefficient of the object, which of them is the amount of electrical conductivity and dielectric constant of the object. Image is produced from the concept of scattering, where the absence of scattering events will not produce radar image. The image of the measurement results usually do not represent the position and shape of the actual object condition. To restore the image to the actual condition, a proper technique is needed.

This study presents the technique of image correction in the base period and the number of waves (T-K), on the conditions of the object in the form of sloping soil layers and diffraction object in the form of metal that is round. Image correction on the basis of T-K is conducted by performing Fourier transformation on the original image (wave field  $F(t, k)$ ) in the space dimension  $x$  to dimension  $k$  that generates a field new wave  $F(t, k)$ . Then, wave field  $F(t, k)$  will be corrected for each wave number by converting it first into a new wave field  $Q(\tau, k)$ , then the wave field Fourier transformed to obtain the corrected section  $q(\tau, x)$

Results of image correction on the basis of the T-K gives the results of the position and shape of the image that is appropriate based on the actual conditions. This can be ascertained because of the imagery used is a synthetic image of the position and the initial condition is set and known in advance.

**Intisari**—Pada kasus citra radar, citra merupakan hasil konvolusi antara sumber gelombang dan koefisien refleksi objek, di mana di antaranya merupakan representasi dari besaran konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik objek. Citra muncul akibat dari konsep hamburan (*scattering*) di mana tanpa adanya peristiwa hamburan maka tidak akan ada citra radar. Citra hasil pengukuran biasanya tidak merepresentasikan posisi dan bentuk kondisi objek yang sebenarnya. Untuk mengembalikan citra kepada posisi dan bentuk yang sebenarnya diperlukan teknik yang tepat agar objek kembali pada posisi dan bentuk yang sebenarnya.

Makalah ini menyajikan teknik koreksi citra dalam basis waktu dan bilangan gelombang (T-K) pada kondisi objek berupa lapisan tanah yang miring dan objek pendifraksi berupa logam yang berbentuk bulat. Koreksi citra dalam basis T-K dilakukan dengan cara melakukan transformasi Fourier pada citra asal (medan gelombang  $F(t, k)$ ) pada ruang dimensi  $x$  ke ruang dimensi  $k$  yang menghasilkan medan gelombang baru  $F(t, k)$ . Medan gelombang  $F(t, k)$  kemudian dikoreksi untuk setiap bilangan gelombangnya dengan mengubahnya terlebih dahulu menjadi medan gelombang baru  $Q(\tau, k)$ . Lalu pada medan gelombang ini dilakukan transformasi Fourier untuk mendapatkan seksi terkoreksi  $q(\tau, x)$

Hasil koreksi citra dalam basis T-K memberikan hasil posisi dan bentuk citra yang sesuai berdasarkan kondisi yang

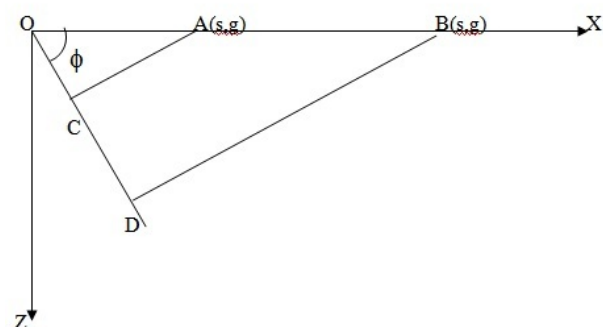
sesungguhnya. Hal ini dapat dipastikan karena citra yang digunakan merupakan citra sintetik yang posisi dan kondisi awalnya sudah diatur dan diketahui sebelumnya.

**Kata Kunci**— Koreksi Posisi, Koreksi Bentuk, Transformasi Fourier, Migrasi Data Basis T-K.

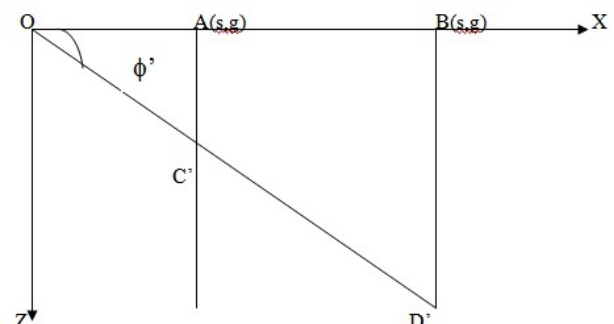
## I. PENDAHULUAN

Koreksi data citra asal adalah proses yang bertujuan untuk menempatkan posisi reflektor (citra) pada posisi yang sebenarnya. Koreksi dilakukan dengan mengimplementasikan algoritme migrasi data pada domain T-K [1] dengan jalan menempatkan kembali *event-event* citra pada waktu dan lokasi yang tepat, sehingga didapatkan suatu hasil penampang gambar yang mendekati kondisi sebenarnya.

Proses kesalahan posisi dan bentuk citra untuk bidang reflektor miring terjadi akibat perubahan kemiringan yang terekam di citra, dikarenakan sifat penjalaran gelombang yang menjalar ke segala arah, di mana gelombang akan lebih dulu terekam di radargram berasal dari posisi terdekat dari posisi pengambilan data. Proses koreksi citra pada objek dengan penampang miring dapat diilustrasikan seperti Gbr. 1, Gbr. 2, dan Gbr. 3.

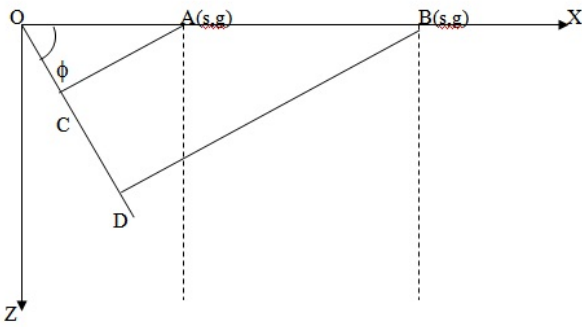


Gbr. 1 Model objek penampang miring.



Gbr. 2 Gambar citra sebelum proses koreksi.

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1 Jakarta 11440 INDONESIA (tlp: 021-5631003; fax: 021-5631003; e-mail: mardianto@trisakti.ac.id)



Gbr. 3 Gambar citra setelah proses koreksi.

Gbr. 1 menjelaskan posisi penampang objek yang memiliki bentuk kemiringan  $\phi$ . Proses akuisisi citra menghasilkan bentuk citra yang tampak seperti pada Gbr. 2. Proses koreksi citra pada Gbr. 2 menggunakan teknik migrasi data pada domain T-K [1], dan akan mengembalikannya ke posisi dan bentuk yang sebenarnya, seperti yang terlihat pada Gbr. 3.

II. KOREKSI CITRA DALAM BASIS WAKTU DAN BILANGAN GELOMBANG (T-K)

Konsep dari koreksi citra pada basis T-K ini adalah dengan mengubah suatu persamaan yang berada pada basis  $t,x,z$  menjadi  $t,k,z$  melalui transformasi Fourier yang kemudian dikembalikan lagi menjadi  $t,x,z$  melalui *inverse* transformasi Fourier. Berikut akan diberikan rumusan matematis secara lengkap:

Ditinjau persamaan gelombang (Helmholtz) [2] untuk medan magnet berikut.

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = 0$$

dengan

- $\vec{H}$  : intensitas medan magnetik (ampere/meter)
- $\epsilon$  : permitivitas listrik (Farad/m)
- $\mu$  : permeabilitas magnetik
- $\sigma$  : konduktivitas listrik (Mho / m)

Jika fungsi ruang ditinjau pada parameter  $x$  dan  $z$  saja maka:

$$\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = 0 \tag{1}$$

Dilakukan transformasi Fourier  $x \rightarrow k$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 \vec{H}(x,z,t)}{\partial x^2} \exp(ikx) dx + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 \vec{H}(x,z,t)}{\partial z^2} \exp(ikx) dx - \int_{-\infty}^{\infty} \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}(x,z,t)}{\partial t^2} \exp(ikx) dx - \int_{-\infty}^{\infty} \mu\sigma \frac{\partial \vec{H}(x,z,t)}{\partial t} \exp(ikx) dx = 0 \tag{2}$$

dengan :

- $x$  dan  $z$  : jarak dalam ruang spasial
- $t$  : waktu
- $k$  : bilangan gelombang
- $v$  : kecepatan
- $i$  : imajiner
- $\omega$  : frekuensi

kemudian didefinisikan bila  $\vec{F}(k,z,t) = \int_{-\infty}^{\infty} \vec{H}(x,z,t) \exp(ikx) dx$  maka didapatkan:

$$-k^2 \vec{F}(k,z,t) + \frac{\partial^2 \vec{F}(k,z,t)}{\partial z^2} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{F}(k,z,t)}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{F}(k,z,t)}{\partial t} = 0 \tag{3}$$

kemudian diasumsikan

$$\tau = \int_0^z \frac{d\zeta}{v(\zeta)}, \quad \frac{\partial}{\partial \tau} = v \frac{\partial}{\partial z} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial}{\partial \tau^2} = v^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad \text{sehingga}$$

$$-k^2 v^2 \vec{F}(t,k,\tau) + \frac{\partial^2 \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial \tau^2} - \frac{\partial^2 \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial t^2} - \mu\sigma v^2 \frac{\partial \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial t} = 0 \tag{4}$$

kasus *two way time* membuat (4) menjadi:

$$-k^2 \frac{v^2}{4} \vec{F}(t,k,\tau) + \frac{\partial^2 \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial \tau^2} - \frac{\partial^2 \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{v^2}{4} \frac{\partial \vec{F}(t,k,\tau)}{\partial t} = 0$$

Jika kemudian diasumsikan bahwa gelombang yang membentuk citra ditinjau adalah gelombang monokromatik lalu diselesaikan dengan menggunakan teori separasi variabel [3] dengan

$$\vec{F}(t,k,\tau) = \vec{K}(k) \vec{Z}(\tau) \exp(i\omega t)$$

dengan :

- $\vec{K}(k)$  : medan vektor K
- $\vec{Z}(\tau)$  : medan vektor Z

maka didapatkan

$$-k^2 \frac{v^2}{4} \vec{K}(k) \vec{Z}(\tau) \exp(i\omega t) + \vec{K}(k) \exp(i\omega t) \frac{\partial^2 \vec{Z}(\tau)}{\partial \tau^2} - \vec{K}(k) \vec{Z}(\tau) \frac{\partial^2 \exp(i\omega t)}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{v^2}{4} \vec{K}(k) \vec{Z}(\tau) \frac{\partial \exp(i\omega t)}{\partial t} = 0 \tag{5}$$

$$\frac{d^2 \vec{Z}(\tau)}{d\tau^2} + \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\omega\mu\sigma \frac{v^2}{4} \right) \vec{Z}(\tau) = 0 \tag{6}$$

$$\frac{d^2 \vec{Z}(\tau)}{d\tau^2} + m^2 \vec{Z}(\tau) = 0 \quad \text{di mana} \quad m^2 = \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\omega\mu\sigma \frac{v^2}{4} \right)$$

dengan teori tebak solusi  $\vec{Z}(\tau) = \vec{A} \exp(b\tau)$

$$\frac{d^2 \vec{Z}(\tau)}{d\tau^2} - b^2 \vec{Z}(\tau) = 0, \quad \text{maka } b^2 = -m^2, \quad b = i m$$

sehingga

$$\vec{Z}(\tau) = \vec{A} \exp \left[ \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\omega\mu\sigma \frac{v^2}{4} \right)^{1/2} \tau \right] \tag{7}$$

$$\vec{F}(k,\tau,t) = \vec{K}(k) \vec{A} \exp \left[ \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\omega\mu\sigma \frac{v^2}{4} \right)^{1/2} \tau + i\omega t \right] \tag{8}$$

Solusi untuk medan magnet pembentuk citra adalah

$$\vec{H}(x,\tau,t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \vec{A} \vec{K}(k) \exp \left[ \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\omega\mu\sigma \frac{v^2}{4} \right)^{1/2} \tau + i\omega t - ikx \right] dk$$

Maka, untuk harga  $t=0$ , diperoleh (9).

$$\bar{H}(x, \tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{A} \bar{K}(k) \exp i \left[ \left( -k^2 \frac{v^2}{4} + \omega^2 - i\mu\omega\sigma \frac{v^2}{4} \right)^{1/2} \tau - kx \right] dk \quad (9)$$

III. KONSEP DASAR BEDA HINGGA DARI KOREKSI CITRA SEISMIC DALAM BASIS T-K

Teknik koreksi citra seismik dengan metode beda hingga dalam basis T-K dapat dijelaskan melalui teknik matematis berikut ini. Ditinjau persamaan berikut:

$$\nabla^2 \bar{H} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = 0$$

dengan:

- $\bar{H}$  : intensitas medan magnetik (ampere/meter)
- $\epsilon$  : permitivitas listrik (Farad/m)
- $\mu$  : permeabilitas magnetik
- $\sigma$  : konduktivitas listrik (Mho/m)

Kemudian dilakukan Transformasi Fourier  $x \rightarrow k_x$ .

Diasumsikan bila  $\bar{F}(k, z, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{H}(x, z, t) \exp(ikx) dx$

$$-k^2 v^2 \bar{F} + v^2 \frac{\partial^2 \bar{F}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \bar{F}}{\partial t^2} - \mu\sigma v^2 \frac{\partial \bar{F}}{\partial t} = 0 \quad (10)$$

dengan :

- $x$  dan  $z$  : jarak dalam ruang spasial
- $t$  : waktu
- $k$  : bilangan gelombang
- $v$  : kecepatan
- $i$  : imajiner
- $\omega$  : frekuensi

Kemudian diasumsikan

$$\tau \equiv \int_0^z \frac{d\zeta}{v(\zeta)}, \quad \frac{\partial}{\partial \tau} = v \frac{\partial}{\partial z} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial}{\partial \tau^2} = v^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad \text{sehingga}$$

diperoleh:

$$-k^2 \frac{v^2}{4} \bar{F}(t, k, \tau) + \frac{\partial^2 \bar{F}(t, k, \tau)}{\partial \tau^2} - \frac{\partial^2 \bar{F}(t, k, \tau)}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{v^2}{4} \frac{\partial \bar{F}(t, k, \tau)}{\partial t} = 0 \quad (11)$$

Dengan menggunakan metode beda hingga [4] untuk koreksi yang didasarkan pada

$$\begin{aligned} t_1 &= \tau + t \\ t_2 &= \tau - t \end{aligned} \quad (12)$$

akan didapatkan

$$\frac{\partial^2 \bar{I}}{\partial t_1 \partial t_2} - \frac{\mu\sigma v^2}{16} \left( \frac{\partial \bar{I}}{\partial t_1} - \frac{\partial \bar{I}}{\partial t_2} \right) - \frac{k^2 v^2}{16} \bar{I} = 0 \quad (13)$$

dengan

$$\bar{I}[t_1(\tau, t), t_2(\tau, t)] \equiv \bar{F}(t, \tau) \quad (14)$$

Untuk mendapatkan solusi dari (13) digunakan pendekatan Crank-Nicolson [5] sehingga persamaan yang dihasilkan berbentuk persamaan beda hingga seperti ditunjukkan pada (15).

$$\begin{aligned} \bar{I}_{j_2}^{j_1} \left( \frac{k^2 v^2}{64} + \frac{1}{\Delta t^2} \right) + \bar{I}_{j_2}^{j_1-1} \left( \frac{k^2 v^2}{64} - \frac{1}{\Delta t^2} + \frac{\mu\sigma v^2}{16\Delta t} \right) \\ + \bar{I}_{j_2-1}^{j_1} \left( \frac{k^2 v^2}{64} - \frac{1}{\Delta t^2} - \frac{\mu\sigma v^2}{16\Delta t} \right) + \bar{I}_{j_2-1}^{j_1-1} \left( \frac{k^2 v^2}{64} + \frac{1}{\Delta t^2} \right) = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Persamaan (15) disederhanakan menjadi bentuk seperti (16).

$$\bar{I}_{j_2}^{j_1} + a \bar{I}_{j_2}^{j_1-1} + b \bar{I}_{j_2-1}^{j_1} + \bar{I}_{j_2-1}^{j_1-1} = 0 \quad (16)$$

dengan koefisien beda hingga a dan b didefinisikan sebagai

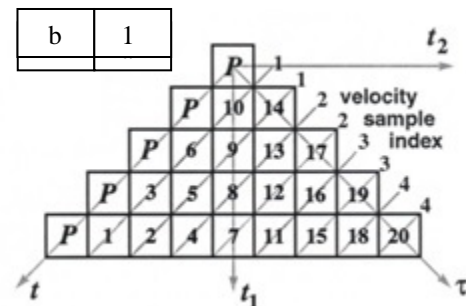
$$a = \frac{\left( \frac{k^2 v^2}{64} - \frac{1}{\Delta t^2} + \frac{\mu\sigma v^2}{16\Delta t} \right)}{\left( \frac{k^2 v^2}{64} + \frac{1}{\Delta t^2} \right)} \quad b = \frac{\left( \frac{k^2 v^2}{64} - \frac{1}{\Delta t^2} - \frac{\mu\sigma v^2}{16\Delta t} \right)}{\left( \frac{k^2 v^2}{64} + \frac{1}{\Delta t^2} \right)} \quad (17)$$

IV. DIAGRAM TEKNIK KOREKSI CITRA DALAM BASIS T-K

Pada (14) ditemukan persamaan dengan dua buah indeks sehingga lebih baik jika dianggap I sebagai sebuah matriks. Permasalahan yang timbul akibat syarat batas diketahui untuk variabel t dan  $\tau$  diselesaikan dengan menggunakan hubungan t,  $\tau$  dengan  $t_1$  dan  $t_2$  yang merupakan perputaran 45<sup>o</sup> ditambah penskalaan sebesar  $\sqrt{2}$  sehingga dapat dihasilkan diagram pada Gbr. 4 dan dengan diasumsikan kolom di bawah baris pertama berharga 0.

Dari (16) dapat disimpulkan bahwa elemen ke  $\bar{I}_{j_2}^{j_1}$  akan

diketahui jika elemen  $\bar{I}_{j_2}^{j_1-1}$ ,  $\bar{I}_{j_2-1}^{j_1}$  dan  $\bar{I}_{j_2-1}^{j_1-1}$  diketahui. Bila digambarkan sebagai sebuah matriks yang jelas relevan dari definisi  $t_1$  dan  $t_2$  didapatkan bahwa sebuah elemen matriks yang tidak diketahui dapat dicari jika tiga buah elemen tetangganya diketahui.



Gbr. 4 Diagram komputasi koreksi hasil modifikasi [1].

Urutan pengerjaan pada Gbr. 4 adalah sebagai berikut. Kotak no1 dihitung terlebih dahulu, karena tiga tetangganya diketahui, yaitu berharga P, 0, dan 0. Kemudian kotak no1 ini digunakan untuk menghitung kotak nomor dua dan kotak nomor dua digunakan untuk menghitung kotak nomor tiga, dan seterusnya.

V. SIMULASI

Simulasi dibuat dengan mempertimbangkan kecepatan rambat gelombang pada suatu media. Tabel I berisi informasi kecepatan rambat dan konstanta dielektrik media [6].

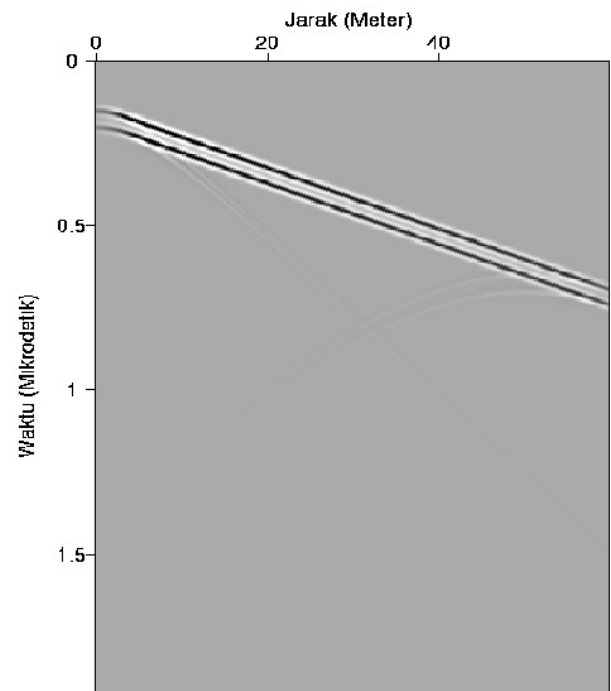
TABEL I  
BESARAN KECEPATAN MATERIAL BERDASARKAN NILAI KONSTANTA  
DIELEKTRIKNYA

Material	Dielectric Constant $\epsilon_r$	Velocity V (mm/ns)
Air	1	300
Water (Fresh)	81	33
Water (Sea)	81	33
Polar Snow	1.4-3	194-252
Polar Ice	3-3.15	168
Temperate Ice	3.2	167
Pure Ice	3.2	167
Freshwater like Ice	4	150
Sea Ice	2.5-8	78-157
Permafrost	1-8	106-300
Coastal Sand (Dry)	10	95
Sand (Dry)	3-6	120-170
Sand (Wet)	25-30	55-60
Silt (Wet)	10	95
Clay (Wet)	8-15	86-110
Clay Soil (Dry)	3	173
Marsh	12	86
Agricultural Land	15	77
Pastoral Land	13	83
Average "Soil"	16	75
Granite	5-8	106-120
Limestone	7-9	100-113
Dolomite	6.8-8	106-115
Basalt (Wet)	8	106
Shale (Wet)	7	113
SandStone (Wet)	6	112
Coal	4-5	134-150
Quartz	4.3	145
Concrete	6-30	55-112
Asphalt	3-5	134-173
PVC, Epoxy, Polyesters	3	173

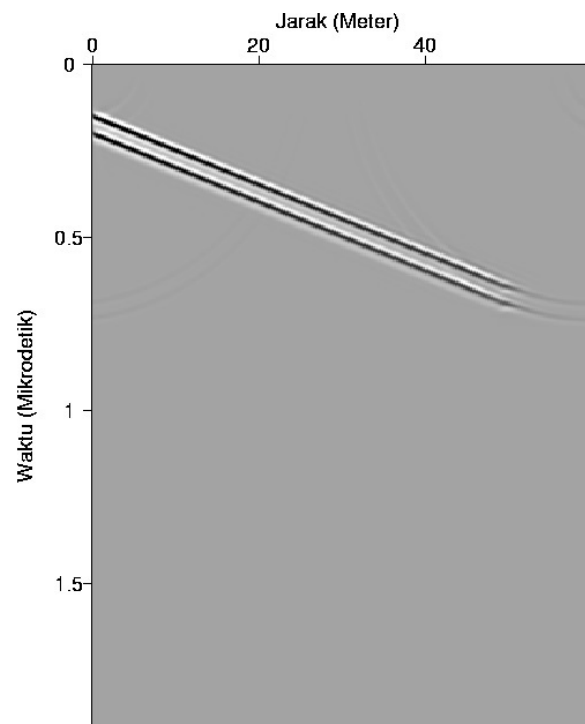
Gbr. 5 menunjukkan citra sintetik yang merepresentasikan kecepatan rambat gelombang pembentuk citra pada media miring berbahan *concrete*, dengan besaran kecepatan gelombang merambat pada media sebesar  $80 \times 10^6$  meter/detik. Citra pada Gbr. 5 masih merupakan citra asal yang belum mengalami proses koreksi posisi, seperti yang dijelaskan oleh Gbr. 2.

Proses koreksi posisi citra dilakukan dengan proses migrasi dengan beberapa kecepatan migrasi agar dapat terlihat perbedaan pengaruh kecepatan rambat gelombang migrasi terhadap bentuk posisi sebenarnya.

Gbr. 6 menunjukkan hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $80 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan tersebut sama dengan kecepatan rambat gelombang pada media sintetik *concrete*. Didapatkan hasil koreksi posisi citra terbaik, citra mengalami koreksi posisi dan kemiringan lapisan sesuai bentuk yang sebenarnya serta tidak terjadi distorsi bentuk pada hasil migrasi.



Gbr. 5 Citra buatan dengan kecepatan gelombang pembentuk citra pada media miring  $80 \times 10^6$  m/s.

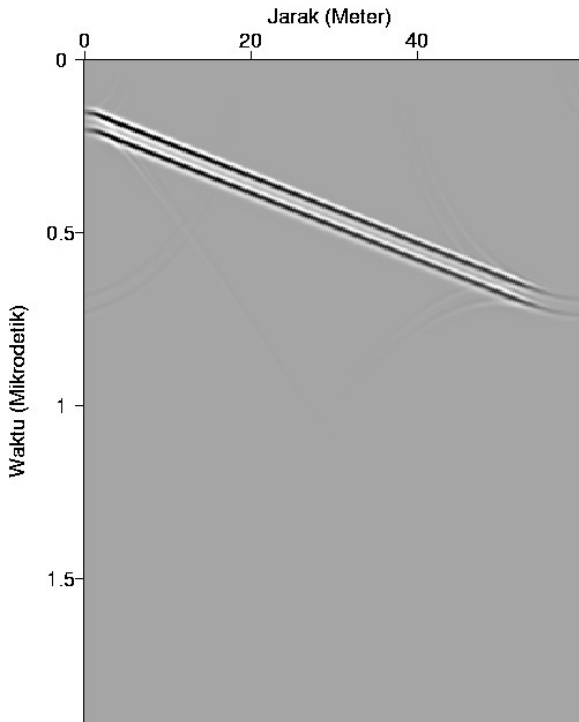


**Hasil Migrasi Kemiringan Sintetik kecepatan 80Mm/s**

Gbr. 6 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada penampang miring dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $80 \times 10^6$  m/s.

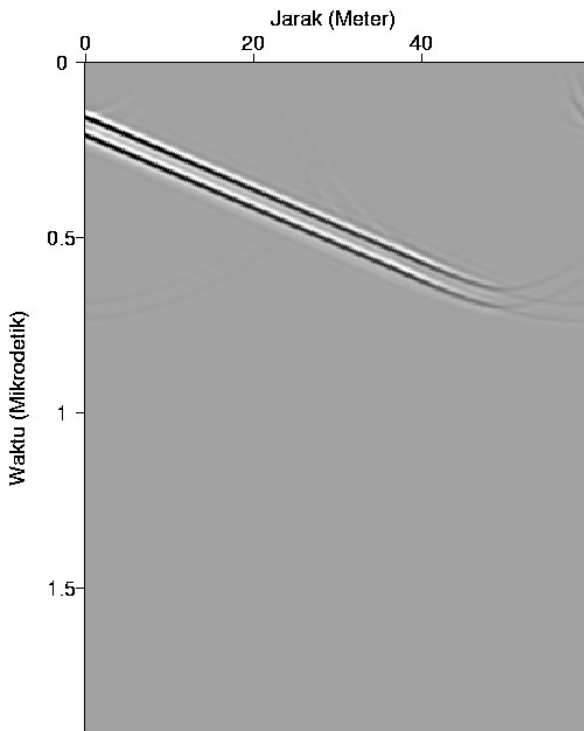
Gbr. 7 menunjukkan hasil ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $60 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan migrasi tersebut lebih kecil daripada kecepatan rambat media sintetik yang dibuat. Didapatkan hasil koreksi posisi yang kurang tepat. Walaupun perubahan kemiringan

juga terjadi tetapi panjang kemiringan media lebih panjang dibanding posisi sebenarnya.



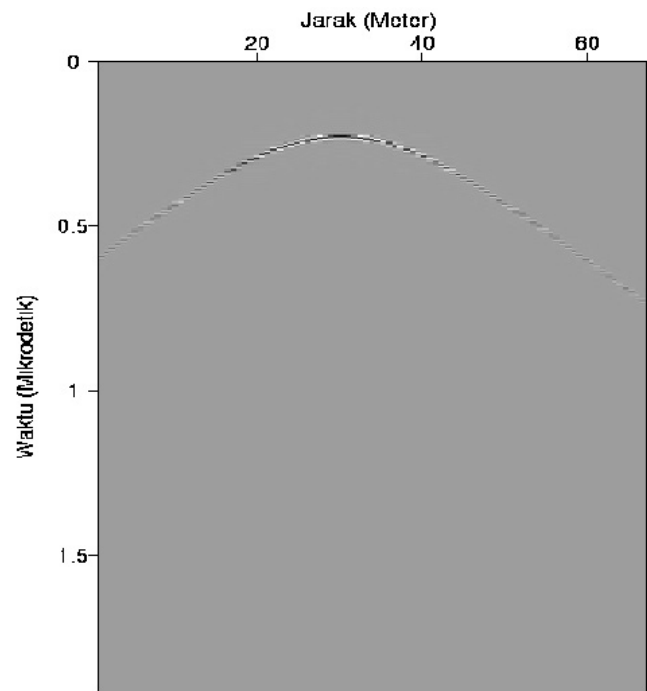
**Hasil Migrasi Kemiringan Sintetik kecepatan 60Mm/s**

Gbr. 7 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada penampang miring dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $60 \times 10^6$  m/s.



**Hasil Migrasi Kemiringan Sintetik kecepatan 100Mm/s**

Gbr. 8 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada penampang miring dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $100 \times 10^6$  m/s.



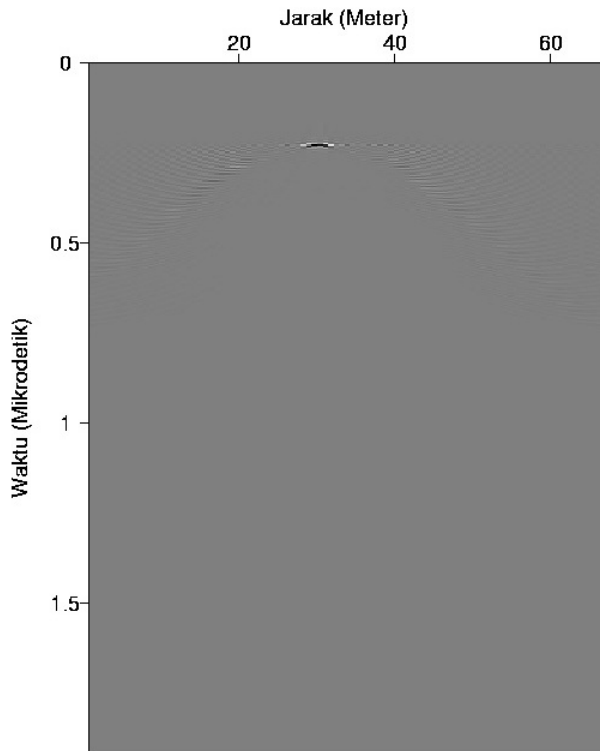
Gbr. 9 Citra buatan dengan kecepatan gelombang pembentuk citra pada obyek pendifraksi  $90 \times 10^6$  m/s.

Pada Gbr. 8, ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $100 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan migrasi tersebut lebih besar daripada kecepatan media sintetik yang dibuat, didapatkan hasil koreksi posisi yang kurang tepat. Walaupun perubahan kemiringan terjadi tetapi panjang kemiringannya lebih pendek dibandingkan posisi yang sebenarnya.

Dari hasil koreksi posisi menggunakan migrasi data dalam domain T-K terlihat bahwa perbedaan kecepatan rambat gelombang migrasi yang digunakan untuk koreksi posisi citra memiliki pengaruh terhadap bentuk posisi citra yang sebenarnya. Secara umum hasil migrasi data menunjukkan hasil yang baik. Hal ini dikarenakan migrasi data pada basis T-K sangat baik dalam mengatasi data-data yang memiliki jenis perlapisan yang miring.

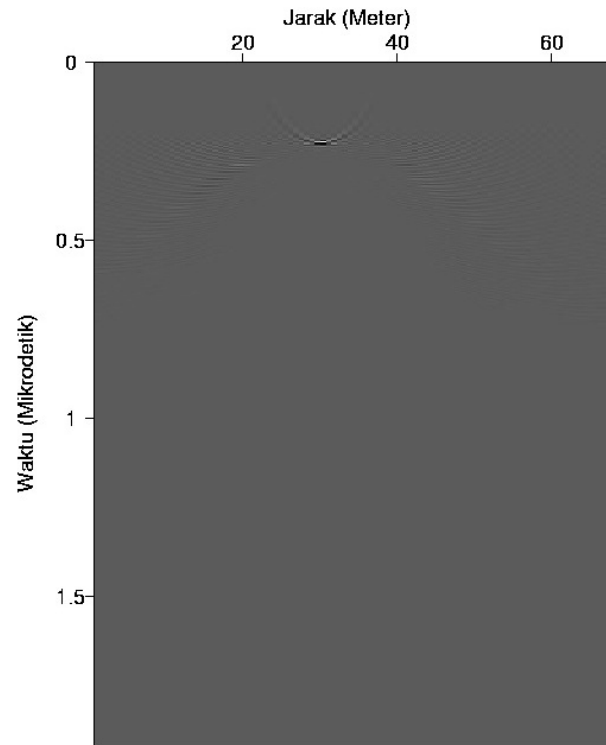
Gbr. 9 menunjukkan citra sintetik yang merepresentasikan simulasi kecepatan rambat gelombang pembentuk citra terdifraksi ketika bertemu dengan suatu objek logam, dengan besaran kecepatan gelombang perambat pada objek logam tersebut sebesar  $90 \times 10^6$  meter/detik. Citra pada Gbr. 9 masih merupakan citra asal yang belum mengalami proses koreksi bentuk. Proses koreksi bentuk citra dilakukan dengan memigrasinya dengan beberapa kecepatan rambat gelombang migrasi agar dapat terlihat perbedaan pengaruh kecepatan rambat gelombang migrasi terhadap bentuk objek sebenarnya.

Gbr. 10 menunjukkan hasil ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $90 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan tersebut sama dengan kecepatan rambat gelombang ketika terdifraksi oleh objek sintetik berupa logam di bawah tanah. Didapatkan hasil koreksi bentuk objek citra terbaik. Citra mengalami koreksi bentuk objek sesuai bentuk yang sebenarnya serta tidak terjadi distorsi bentuk pada hasil migrasi.



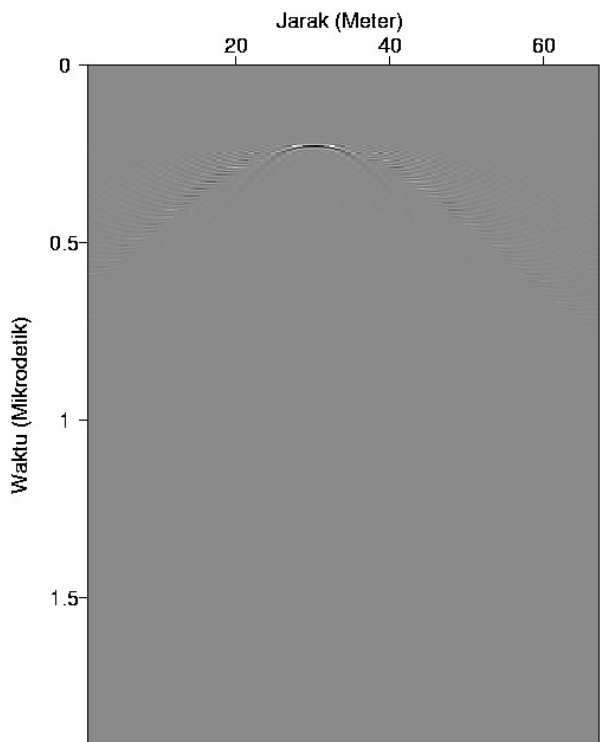
**Hasil Migrasi Difraksi Sintetik kecepatan 90Mm/s**

Gbr. 10 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada obyek pendifraksi dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $90 \times 10^6$  m/s.



**Hasil Migrasi Difraksi Sintetik kecepatan 110Mm/s**

Gbr. 12 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada obyek pendifraksi dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $110 \times 10^6$  m/s.



**Hasil Migrasi Difraksi Sintetik kecepatan 70Mm/s**

Gbr. 11 Hasil koreksi posisi dan bentuk citra buatan pada obyek pendifraksi dengan kecepatan gelombang pengoreksi citra  $70 \times 10^6$  m/s.

Pada Gbr. 11, ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $70 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan migrasi tersebut lebih kecil daripada kecepatan rambat objek sintetik yang dibuat, didapatkan hasil koreksi bentuk yang kurang tepat. Walaupun koreksi bentuk tetap terjadi tetapi terjadi distorsi yang cukup besar terhadap bentuk objek yang sebenarnya.

Pada Gbr. 12, ketika digunakan kecepatan rambat gelombang migrasi  $110 \times 10^6$  meter/detik, di mana kecepatan migrasi tersebut lebih besar daripada kecepatan rambat objek sintetik yang dibuat, didapatkan hasil koreksi bentuk yang kurang tepat. Walaupun koreksi bentuk tetap terjadi tetapi terjadi distorsi terhadap bentuk objek yang sebenarnya.

Dari hasil koreksi bentuk menggunakan migrasi data dalam domain T-K terlihat bahwa perbedaan kecepatan rambat gelombang migrasi yang digunakan untuk koreksi bentuk citra memiliki pengaruh terhadap bentuk posisi citra yang sebenarnya.

## VI. KESIMPULAN

Makalah ini menyediakan pendekatan teknik koreksi posisi dan bentuk citra dengan menggunakan migrasi data pada domain T-K untuk dapat memberi gambaran dan mengenali keberadaan objek yang berada di bawah permukaan tanah dalam dua skenario, yaitu skenario citra sintetik dalam bentuk lapisan tanah miring dan skenario citra sintetik dalam bentuk objek logam yang tertanam di dalam tanah.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, koreksi citra pada basis T-K memiliki kelebihan pada keakuratan harga amplitudo

reflektor untuk reflektor yang memiliki kemiringan yang amat curam. Sedangkan kekurangan dari metode koreksi T-K ini adalah ketidakmampuannya untuk menangani variasi kecepatan lateral yang ada. Proses dari koreksi T-K ini adalah dengan menggunakan metoda beda hingga pada basis waktu (T) dan bilangan gelombang (K). Koreksi T-K menjadi efisien dengan penggunaan metoda beda hingga [4] akibat sederhananya implementasi dari metode tersebut.

Metode ini dapat dikembangkan untuk keperluan pendeteksian objek-objek komersial seperti sumber mineral hidrokarbon maupun objek-objek non komersial seperti forensik, arkeologi, lingkungan, dan lain sebagainya.

## REFERENSI

- [1] Hale, Dave. *Migration in The Time-Wave Number Domain, Project Review*, CWP Colorado, 1991.
- [2] Reitz, John R. Milford, Frederick J. Christy, Robert W, *Dasar Teori Listrik Magnet*, Penerbit ITB, Bandung, 1993.
- [3] Boas, Mary L., *Mathematical Methods in The Physical Sciences*, John Wiley and Sons, USA, 2006.
- [4] Li, Z., *Wave-Field Extrapolation by the Linearly Transformed Wave Equation: Geophysics*, 1986.
- [5] Claerbout, J. F., "Imaging the Earth's Interior", *Blackwell Scientific Publications*, 1985.
- [6] Reynolds, John M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, 2011.