BAB II

DASAR TEORI

2.1 GELOMBANG SEISMIK

Gelombang seismik adalah gelombang elastis yang merambat dalam bumi. Bumi sebagai medium gelombang, terdiri atas beberapa lapisan batuan, yang antar satu lapisan batuan dengan lapisan batuan lainnya memiliki sifat fisis yang berbeda. Ketidakkontinuan sifat fisis medium ini menyebabkan gelombang seismik yang merambat, sebagian dari energinya akan dipantulkan kembali kepermukaan tersebut, dan sebagian yang lain diteruskan ke medium di bawahnya.

2.2 JENIS-JENIS GELOMBANG SEISMIK

Satu sumber energi dapat menimbulkan bermacam-macam gelombang. Masing-masing gelombang merambat dengan cara yang berbeda-beda. Gelombang seimik dapat dibagi dalam 2 tipe utama, yaitu:

1. Gelombang badan (*body wave*), yang terdiri dari gelombang longitudinal (gelombang P) dan gelombang transversal (gelombang S).
2. Gelombang permukaan (*surface wave*),yang terdiri dari gelombang Love, Rayleigh, dan gelombang kanal.

Dalam eksplorasi minyak dan gas bumi sampai saat ini baru gelombang longitudinal dan transversal yang dapat dimanfaatkan, maka yang dibahas:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

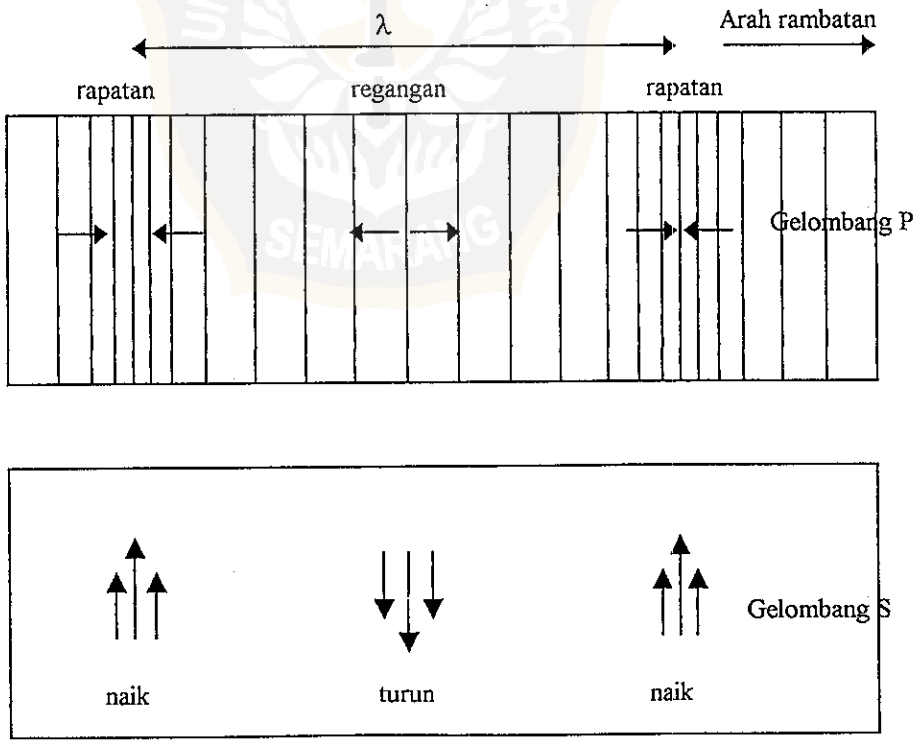
1. Gelombang longitudinal (gelombang P)

Gelombang P adalah gelombang yang arah getarnya searah dengan arah rambatannya. Gaya yang bekerja pada medium bumi yang menimbulkan gelombang P adalah gaya kompresi dan gaya tarik. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas.

2. Gelombang transversal (gelombang S)

Gelombang S adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatannya. Gaya yang menimbulkan gelombang S adalah gaya geser (*shear*). Gelombang S tidak dapat merambat dalam medium cair atau gas. Gelombang S mempunyai amplitudo yang lebih kecil daripada gelombang P.

Pergeseran partikel pada perambatan gelombang P dan gelombang S ditunjukkan pada gambar 2.1.

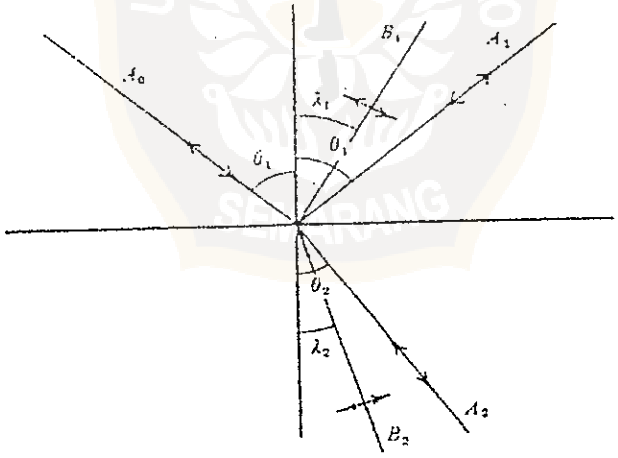


Gambar 2.1 Gerakan partikel pada perambatan gelombang P dan gelombang S

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

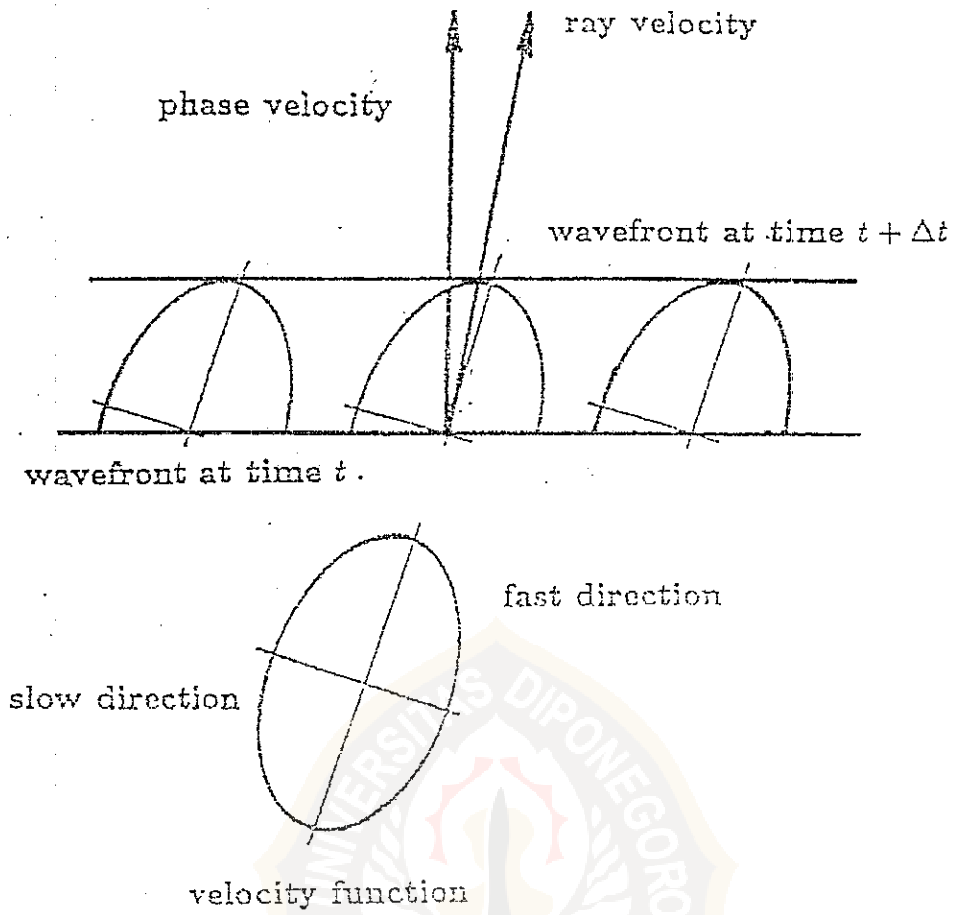
2.3 PEMANTULAN DAN PEMBIASAN

Pemantulan dan pembiasan adalah prinsip utama dalam metode seismik. Pemantulan dan pembiasan terjadi jika gelombang datang mengenai bidang batas antar batuan yaitu perbatasan dua lapisan batuan. Hukum pantulan *Snellius* yang dikembangkan dari prinsip *Huygens* (setiap titik pada muka gelombang merupakan sumber gelombang sekunder), menyatakan bahwa sudut pantul dan sudut bias merupakan fungsi sudut datang dan kecepatan gelombang. Perbedaan antara kecepatan sinar dan kecepatan fase dapat terlihat dari konstruksi Huygen yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Gelombang P datang dan tiba pada suatu bidang batas antara dua medium akan menimbulkan gelombang bias (*transmitted*) dan pantul (*reflected*) P dan S, dimana masing-masing memiliki sudut bias dan sudut pantul yang berbeda



Gambar 2.2 Hubungan antara gelombang datang P dengan sudut datang θ_i menjadi gelombang pantul P dan gelombang pantul S dengan sudut pantul masing-masing θ_1 dan λ_1 serta dibiaskan dengan sudut bias masing-masing θ_2 dan λ_2.(Telford, 1990)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.3. Konstruksi Huygen pada media anisotropi (Ebrom, 1995).

Peristiwa pantulan dan biasan gelombang ditunjukkan pada gambar 2.2. Pada gambar tersebut ditunjukkan gelombang P datang dengan kecepatan gelombang P (V_P), maka sudut pantul dan sudut bias gelombang tersebut diberikan oleh persamaan:

$$\frac{\sin\theta_1}{V_{P1}} = \frac{\sin\theta_2}{V_{S1}} = \frac{\sin\lambda_1}{V_{P2}} = \frac{\sin\lambda_2}{V_{S2}} = p \qquad (1)$$

dimana: V_{P1} adalah kecepatan gelombang P dalam medium 1

V_{S1} adalah kecepatan gelombang S dalam medium 1

This Document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

V_{P2} adalah kecepatan gelombang P dalam medium 2

V_{S2} adalah kecepatan gelombang S dalam medium 2

θ_1 adalah sudut pantul gelombang P di medium 1

λ_1 adalah sudut pantul gelombang S di medium 1

θ_2 adalah sudut bias gelombang P di medium 2

λ_2 adalah sudut bias gelombang S di medium 2

p adalah konstanta yang disebut parameter gelombang.

2.4. MEDIUM ANISOTROPI

Medium anisotropi adalah medium yang memiliki sifat fisis seperti permeabilitas, kecepatan, atau pelemahan yang bervariasi terhadap arah. Variasi sifat terhadap arah dihasilkan dari adanya bijih mineral anisotropi (seperti shale), yang dipengaruhi bentuk mineral isotropi, dipengaruhi *crack* (vertikal atau horisontal) atau lapisan anisotropi.

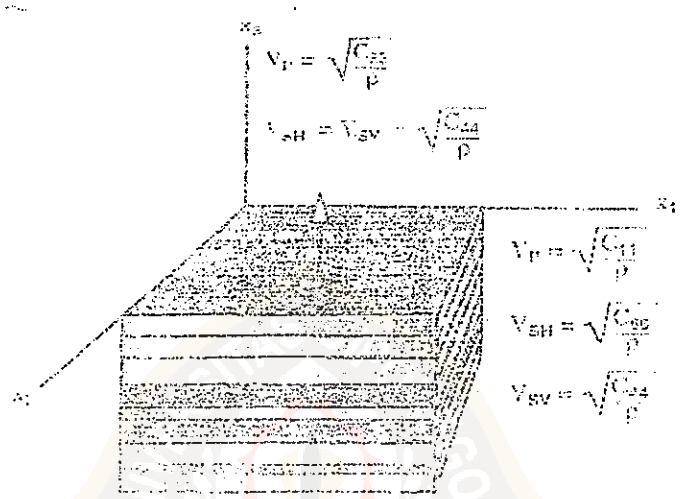
Pada penjalaran seismik terdapat tiga tipe anisotropi (Winterstein, 1990), yaitu *transverse isotropy*, *orthohombic anisotropi*, dan *monoklinik anisotropy*. Sistem *transverse isotropy* adalah isotropi pada semua arah yang tegaklurus terhadap suatu sumbu tertentu, tetapi isotropi pada semua arah lainnya. Ada dua tipe *transverse isotropy* (TI):

1. terhadap near vertikal sumbu simetri (disebut *polar anisotropy*)
2. terhadap near horisontal sumbu simetri (disebut *azimuthal anisotropy*)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

1. **Polar Anisotropy**

Polar anisotropy atau medium *transverse isotropy* dengan sumbu simetri vertikal (VTI) yang timbul dari lapisan (gambar 2.4) . Pada *polar anisotropy* garis vertikal adalah sebagai sumbu simetri. Medium ini berlaku jika ada isotropi yang tegak lurus terhadap sumbu simetri.



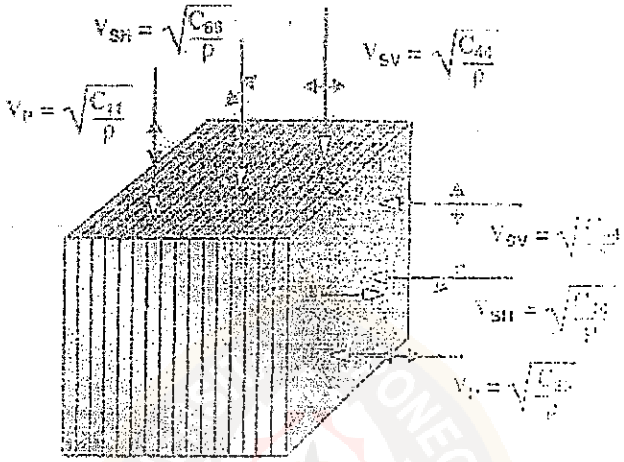
Gambar 2.4. Medium *transversely isotropic* dengan sumbu simetri vertikal. Kecepatan phase sepanjang sumbu simetri dan tegak lurus terhadap sumbu simetri (McDonald, 1993).

2. **Azimuthal anisotropy**

Azimuthal anisotropy atau medium transverse isotropi dengan sumbu simetri horisontal (HTI), yang secara matematis identik dengan *polar anisotropy* kecuali untuk sumbu simetri putar (putaran 90 derajat terhadap sumbu horisontal), sehingga lapisan menjadi sekumpulan *fracture* vertikal (gambar 2.5) . Dengan kata lain reservoir *fracture* vertikal diasumsikan berhubungan dengan medium *transverse isotropy* dengan sumbu simetri horisontal (Winterstein, 1990). Sebuah *transverse isotropy* shale miring juga termasuk

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

azimuthal anisotropy. Azimuthal anisotropy timbul dari *stress* horisontal yang berbeda atau sekumpulan *fracture vertikal, crack* atau *microcrack.* Ini disebabkan orientasi pengaruh cacat mekanik (*microcrack* atau *fracture*) dan dalam penyempitan reservoir petroleum.



Gambar 2.5. Medium *transversely isotropic* dengan sumbu simetri horisontal. Kecepatan phase sepanjang sumbu simetri dan tegak lurus terhadap sumbu simetri (McDonald, 1993).

Stress horisontal yang berbeda pada penjalaran gelombang *shear*, menyebabkan adanya polarisasi. Bila gelombang *shear* memasuki daerah *azimuthal anisotropy* gelombang akan pecah (*split*) menjadi dua gelombang S1 dan S2 (*birefringence*). S1 menjalar lebih cepat dibanding S2.

2.5 HUBUNGAN STREES-STRAIN PADA MEDIA ELASTIK

Salah satu defenisi material elastik adalah bahwa setiap komponen *stress* σ_{ij} bergantung secara linier terhadap komponen *strain* ε_{kl} (Nye dari Thomsen, 1986). Jika indek arah masing-masing diberikan oleh 1,2,3 (mewakili arah x,y,z) maka ada

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

9 hubungan, masing-masing menghadirkan satu komponen dari *stress* dan sembilan komponen *strain*. Kesembilan persamaan ini dapat ditulis secara ringkas dalam satu persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{ij} = \sum_{k=1}^{3}\sum_{l=1}^{3} C_{ijkl}\varepsilon_{kl} \qquad i,j,k,l = 1,2,3 \qquad (2)$$

dimana tensor modulus elastik C_{ijkl} secara lengkap adalah tensor modulus elastik orde empat karakter elastisitas dari medium. Karena *stress* ada yang simetri $(\sigma_{ij} = \sigma_{ji})$, hanya enam dari persamaan tersebut yang independen. Karena *strain* simetri $(\varepsilon_{kl} = \varepsilon_{lk})$, hanya enam persamaan pada sisi kanan persamaan 2 yang independen.

Maka tanpa kehilangan sifat umumnya, elastisitas dapat digambarkan lebih singkat dengan mengganti konstanta, mengikuti prinsip *Voigt:*

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ij atau kl :} & 11 & 22 & 33 & 32{=}23 & 31{=}13 & 12{=}21 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{I} \quad \text{J} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \qquad (3)$$

Sehingga tensor C_{ijkl} 3x3x3x3 dapat digambarkan dengan matrik C_{IJ} 6x6. setiap klas simetri mempunyai pola sendiri yang tidak nol, tidak bergantung komponen C_{IJ}.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Untuk medium isotropi dianggap mempunyai bentuk sederhana (Thomsen, 1986):

$$C_{IJ} = \begin{bmatrix} C_{33} & (C_{33}-2C_{44}) & (C_{33}-2C_{44}) & 0 & 0 & 0 \\ (C_{33}-2C_{44}) & C_{33} & (C_{33}-2C_{44}) & 0 & 0 & 0 \\ (C_{33}-2C_{44}) & (C_{33}-2C_{44}) & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} \end{bmatrix} \quad \text{isotropi} \tag{4}$$

Komponen ini berhubungan dengan parameter λ dan μ dan *modulus Bulk* κ sebagai:

$$C_{33} = \lambda + \mu = \kappa + \frac{4}{3}\mu \qquad dan \quad C_{44} = \mu \tag{5}$$

Kasus anisotropi yang sederhana dalam geofisika umumnya mempunyai satu perbedaan arah (biasanya, tetapi tidak selalu, arah vertikal). Dimana dua arah lainnya sama. Kasus seperti ini disebut isotrop transversal (TI/*transversally isotropic*), atau simetri hexagonal.

Matrik modulus elastisnya mempunyai lima komponen independen dari duabelas komponen tidak nol, bentuk matrik modulus elastiknya diberikan oleh persamaan:

$$C_{IJ} = \begin{bmatrix} C_{11} & (C_{11}-2C_{66}) & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ (C_{11}-2C_{66}) & C_{11} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{13} & C_{13} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \quad transverse \;\; isotropi \tag{6}$$

dimana arah ketiga (z) sebagai sumbu tetap.

Keterangan selanjutnya tentang transverse isotropi pada lampiran A halaman A-5.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.6 PARAMETER ANISOTROPI

Kelima modulus elastik pada media anisotropi dapat digunakan untuk mengekspresikan kecepatan gelombang P dan gelombang S, α dan β pada penjalaran sepanjang sumbu simetri dan tiga parameter anisotropi δ, ε, dan γ. Hubungannya adalah sebagai berikut (Thomsen, 1986):

$$\alpha_o = \sqrt{C_{33}/\rho} \tag{7}$$

$$\beta_o = \sqrt{C_{44}/\rho} \tag{8}$$

$$\varepsilon \equiv \frac{C_{11} - C_{33}}{2C_{33}} \tag{9}$$

$$\gamma \equiv \frac{C_{66} - C_{44}}{2C_{44}} \tag{10}$$

$$\delta = \left(\frac{(C_{13} + C_{44})^2 - (C_{33} - C_{44})^2}{2C_{33}(C_{33} - C_{44})} \right) \tag{11}$$

Parameter ε adalah parameter anisotropi yang menjelaskan perbedaan kecepatan gelombang P pada arah vertikal dan horizontal.

$$\varepsilon \equiv \frac{C_{11} - C_{33}}{2C_{33}} = \frac{v_P(90^0) - v_P(0^0)}{v_P(0^0)} \tag{12}$$

yang kemudian disebut sebagai anisotropi gelombang P.

γ menjelaskan perbedaan kecepatan gelombang SH (*shear horizontal*) antara polarisasi vertikal dan horisontal (fenomena *splitting*) pada penjalaran gelombang S.

$$\gamma \equiv \frac{C_{66} - C_{44}}{2C_{44}} = \frac{v_{SH}(90^0) - v_{SV}(90^0)}{v_{SV}(90^0)} = \frac{v_{SH}(90^0) - v_{SH}(0^0)}{v_{SH}(0^0)} \tag{13}$$

δ adalah parameter penting untuk penjalaran gelombang P near vertikal. Parameter ini dapat dilihat dari pendekatan persamaan kecepatan phase (Thomsen, 1986):

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$v_p(\theta) = \alpha_o\left[1 + \delta\sin^2\theta\cos^2\theta + \varepsilon\sin^4\theta\right] \tag{14a}$$

$$v_{SV}(\theta) = \beta_o\left[1 + \frac{\alpha_o^2}{\beta_o^2}(\varepsilon - \delta)\sin^2\theta\cos^2\theta\right] \tag{14b}$$

$$v_{SH}(\theta) = \beta_o\left[1 + \gamma\sin^2\theta\right] \tag{14c}$$

dengan v_P, v_{SV} dan v_{SH} adalah kecepatan phase gelombang P, gelombang SV dan gelombang SH sedangkan θ adalah sudut phase.

Thomsen merumuskannya: $$\delta = 4\left[\frac{v_P(\pi/4)}{v_P(0)} - 1\right] - \left[\frac{v_P(\pi/2)}{v_P(0)} - 1\right] \tag{15}$$

Parameter anisotropi untuk media HTI dapat diturunkan dengan keidentikan parameter VTI yang tergantung arahnya (Ruger, 1997), maka:

$$\varepsilon^{(v)} \equiv \frac{C_{11} - C_{33}}{2C_{33}} \tag{16}$$

$$\delta^{(v)} \equiv \frac{(C_{13} + C_{55})^2 - (C_{33} - C_{55})^2}{2C_{33}(C_{33} - C_{55})} \tag{17}$$

koefisien model VTI $\varepsilon^{(v)}$ dan $\delta^{(v)}$ dapat diperlihatkan melalui parameter Thomsen ε dan δ sehingga didapatkan:

$$\varepsilon^{(v)} \equiv -\frac{\varepsilon}{1 + 2\varepsilon} \tag{18}$$

$$\delta^{(v)} \equiv \frac{\delta - 2\varepsilon[1 + (\varepsilon/f)]}{(1 + 2\varepsilon)[1 + (2\varepsilon/f)]}, \text{ dimana } f \equiv 1 - \left(\frac{V_{S0}}{V_{P0}}\right)^2 \tag{19}$$

sedangkan parameter $\gamma^{(v)}$ adalah:

$$\gamma^{(v)} \equiv \frac{C_{66} - C_{44}}{2C_{44}} \tag{20}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$\gamma^{(v)} \equiv \frac{\gamma}{1+2\gamma} \tag{21}$$

Sedangkan besarnya α dan β (Ruger,1998) untuk media HTI:

$$\begin{aligned} \alpha &= V_{PO}\sqrt{1+2\varepsilon} \\ \beta &= V_{SO}\sqrt{1+2\gamma} \end{aligned} \tag{22}$$

2.7. KOEFISIEN REFLEKSI PADA MEDIA HTI

Koefisien refleksi gelombang P sebagai fungsi sudut phase datang dan azimuthal sebagai berikut:

$$R_P(i,\phi) = \frac{\Delta Z}{2Z} + \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^{(\upsilon)} - \delta_1^{(\upsilon)}\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\phi\right\}\sin^2 i$$
$$+ \left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} + \left[\varepsilon_2^{(v)} - \varepsilon_1^{(v)}\right]\cos^4\phi + \left[\delta_2^{(\upsilon)} - \delta_1^{(\upsilon)}\right]\sin^2\phi\cos^2\phi\right\} \times \sin^2 i \tan^2 i$$

(Ruger, 1998) (23)

dimana i dan ϕ adalah sudut datang dan azimuth.

Z = ρ α adalah impedansi vertikal gelombang P

G = ρ β^2 adalah modulus geser

α adalah kecepatan vertikal rata-rata gelombang P di atas dan di bawah bidang batas.

Δα adalah perbedaan kecepatan vertikal gelombang P di atas dan di bawah bidang batas.

β adalah kecepatan vertikal rata-rata gelombang geser di atas dan di bawah bidang batas.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$\Delta\beta$ adalah perbedaan kecepatan vertikal gelombang geser di atas dan di bawah bidang batas.

ρ adalah harga densitas rata-rata di atas dan di bawah bidang batas.

δ_1^v adalah parameter Thomsen dari media anisotropi di atas bidang batas

δ_2^v adalah parameter Thomsen dari media anisotropi di bawah bidang batas

ε_1^v adalah anisotropi gelombang P di atas bidang batas

ε_2^v adalah anisotropi gelombang P di bawah bidang batas

γ_1 adalah parameter pemisahan gelombang geser di atas bidang batas

γ_2 adalah parameter pemisahan gelombang geser di bawah bidang batas

Dengan mengabaikan suku ke tiga (tan i kecil untuk sudut datang i kecil), persamaan menjadi:

$$R_P(i,\phi) = \frac{\Delta Z}{2Z} + \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\phi\right\}\sin^2 i \tag{24}$$

$$Rp(i,\phi) = A \sin^2\theta + B \tag{25}$$

$$A = \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\phi\right\} \tag{26}$$

$$B = \frac{\Delta Z}{2Z} \tag{27}$$

$$A = C + D \tag{28}$$

$$C = \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G}\right\}, \tag{29}$$

C sebagai gradien isotropi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$D = \frac{1}{2}\left\{\left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\phi\right\}, \qquad (30)$$

D sebagai gradien anisotropi.

Pada azimuth 0, persamaan menjadi

$$R_P(i,\phi) = \frac{\Delta Z}{2Z} + \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\phi\right\}\sin^2 i$$

sehingga A menjadi

$$A(\theta,0) = \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\right\} \qquad (31)$$

Karena $\cos^2\phi=1$.

Pada azimuth 90

$$R_P(i,\frac{\pi}{2}) = \frac{\Delta Z}{2Z} + \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G} + \left(\left[\delta_2^v - \delta_1^v\right] + 2\left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \left[\gamma_2 - \gamma_1\right]\right)\cos^2\frac{\pi}{2}\right\}\sin^2 i \qquad (32)$$

$$A(i,90) = \frac{1}{2}\left\{\frac{\Delta\alpha}{\alpha} - \left[\frac{2\beta}{\alpha}\right]^2 \frac{\Delta G}{G}\right\} \qquad (33)$$

Hubungan antara variabel pada persamaan koefisien refleksi (Ruger, 1998) dengan variabel dan parameter Thomsen, dapat dilihat pada tabel II.1.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

TABEL II.1. PARAMETER ANISOTROPI YANG DIGUNAKAN UNTUK MEDIA HTI DAN HUBUNGANNYA DENGAN PARAMETER THOMSEN, DENGAN $f = 1 - V_{SO}^{2}/V_{PO}^{2}$ (Ruger, 1998)

HTI	NOTASI C_{ij}	NOTASI THOMSEN
α	$\sqrt{c_{33}/\rho}$	$V_{PO}\sqrt{1+2\varepsilon}$
β	$\sqrt{c_{44}/\rho}$	$V_{SO}\sqrt{1+2\gamma}$
$\delta^{(v)}$	$\delta^{(v)} \equiv \dfrac{(C_{13}+C_{55})^2-(C_{33}-C_{55})^2}{2C_{33}(C_{33}-C_{55})}$	$\delta^{(v)} \equiv \dfrac{\delta-2\varepsilon[1+(\varepsilon/f)]}{(1+2\varepsilon)[1+(2\varepsilon/f)]}$
$\varepsilon^{(v)}$	$\varepsilon^{(v)} \equiv \dfrac{C_{11}-C_{33}}{2C_{33}}$	$\varepsilon^{(v)} \equiv -\dfrac{\varepsilon}{1+2\varepsilon}$
γ	$\gamma \equiv \dfrac{C_{44}-C_{66}}{2C_{66}}$	γ

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)