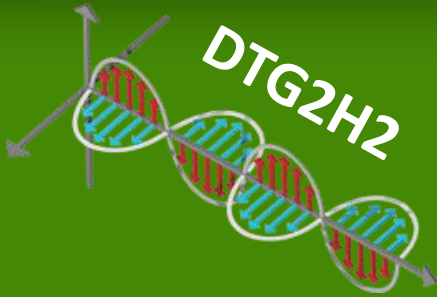




Telkom
University

ELEKTROMAGNETIK TERAPAN



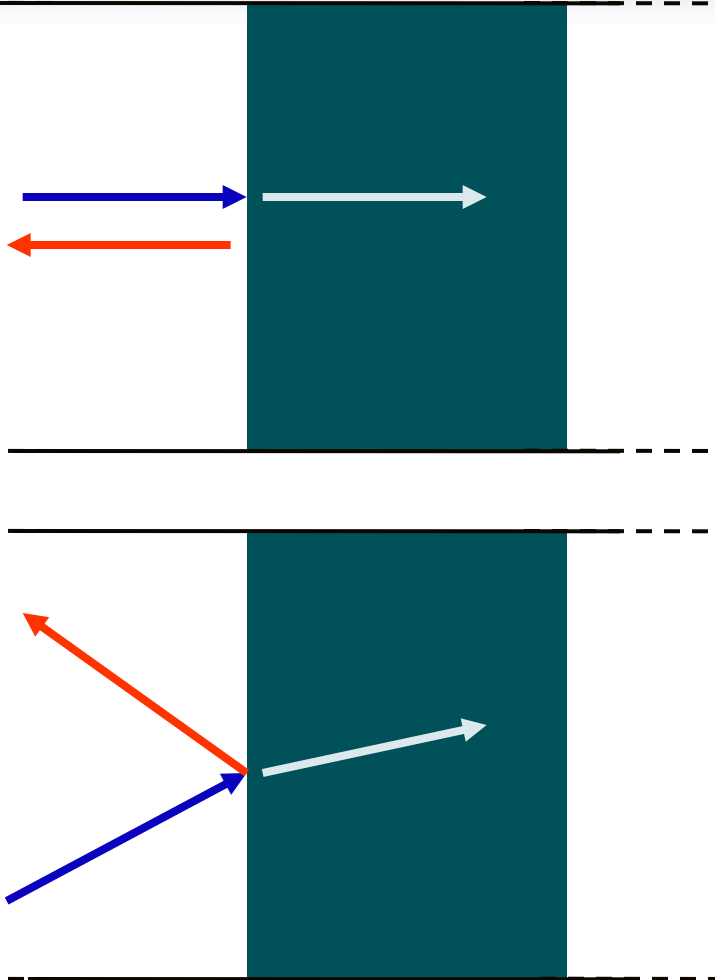
1. GELOMBANG LINTAS MEDIUM



1. Gelombang Lintas Medium

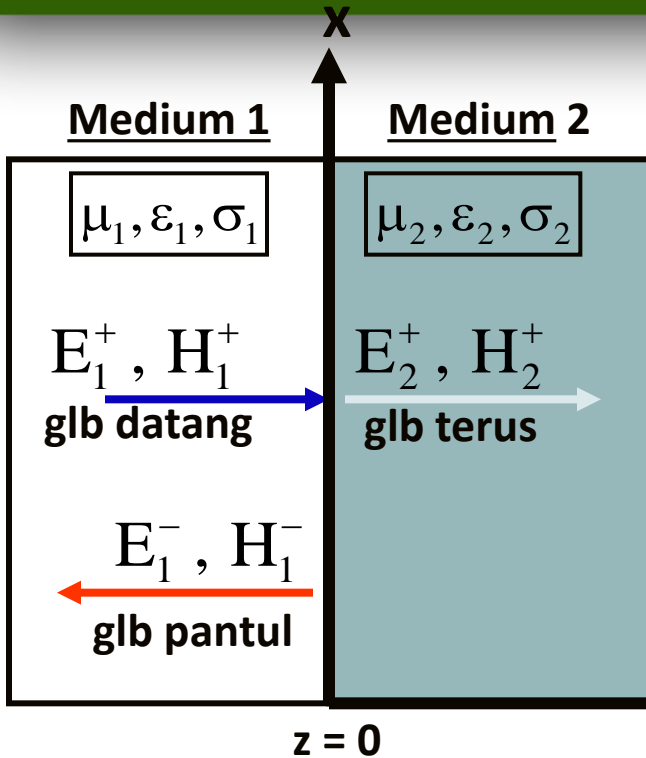
- a) Gelombang Jatuh Normal
- b) Gelombang Jatuh Miring

PENDAHULUAN



- ❑ Jika gelombang datar serbasama melewati 2 atau lebih medium. Terdapat 2 kemungkinan perlakuan terhadap gelombang, yaitu :
 - 1) gelombang dibiaskan atau diteruskan
 - 2) gelombang dipantulkan .
- ❑ Asumsi yang digunakan :
 - 1) Gelombang yang diamati : monochromatic uniform plane wave
 - 2) Medium yang dibahas: infinite extent

GELOMBANG JATUH NORMAL



Misalkan gelombang datang normal (tegaklurus) terhadap bidang batas, maka persamaan-persamaan gelombang dapat dituliskan dalam bentuk fasor sebagai berikut :

Gelombang datang

$$E_1^+ = E_{xsl}^+ = E_{xol}^+ e^{-\gamma_1 z}$$

$$H_1^+ = H_{ysl}^+ = \frac{1}{\eta_1} E_{xol}^+ e^{-\gamma_1 z}$$

$$P_{1,av}^+ = \frac{E_{xol}^+{}^2}{2|\eta_1|} e^{-2\alpha_1 z} \cos \theta_{\eta_1}$$

Gelombang terus

$$E_2^+ = E_{xs2}^+ = E_{xo2}^+ e^{-\gamma_2 z}$$

$$H_2^+ = H_{ys2}^+ = \frac{1}{\eta_2} E_{xo2}^+ e^{-\gamma_2 z}$$

$$P_{2,av}^+ = \frac{E_{xo2}^+{}^2}{2|\eta_2|} e^{-\alpha_2 z} \cos \theta_{\eta_2}$$

merambat ke sumbu z positif

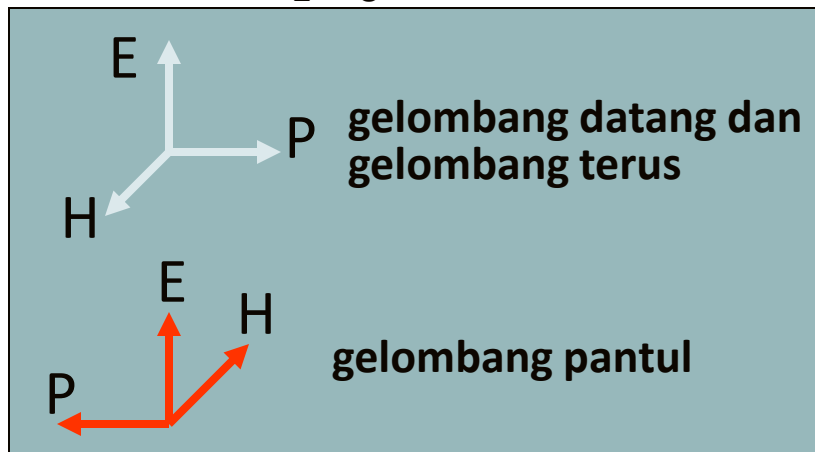
Gelombang pantul

$$E_1^- = E_{xsl}^- = E_{xol}^- e^{+\gamma_1 z}$$

$$H_1^- = H_{ysl}^- = -\frac{1}{\eta_1} E_{xol}^- e^{+\gamma_1 z}$$

$$P_{1,av}^- = \frac{E_{xol}^-{}^2}{2|\eta_1|} e^{+\alpha_1 z} \cos \theta_{\eta_1}$$

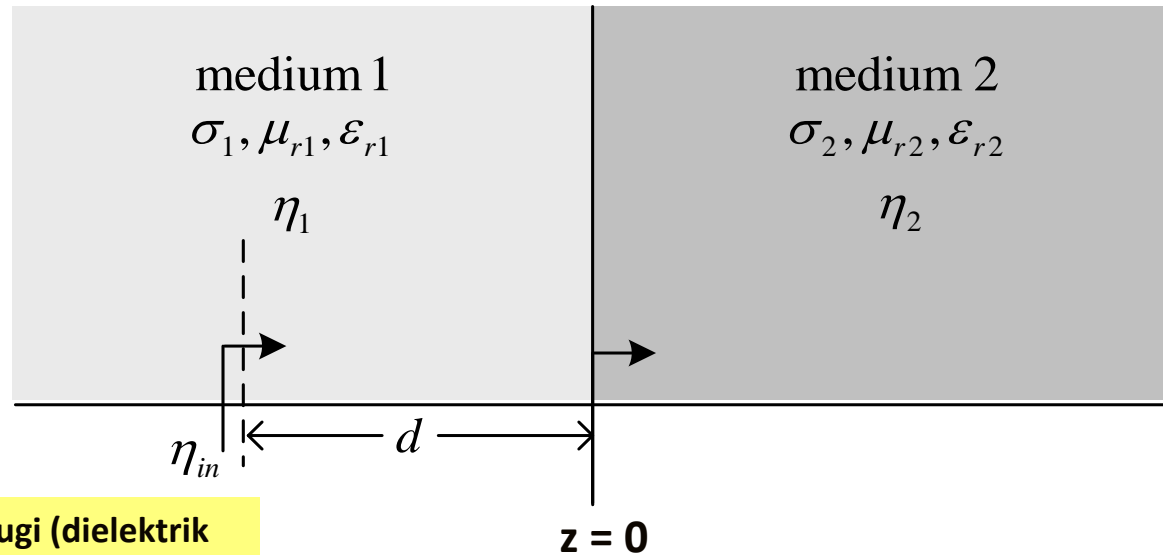
merambat ke sumbu z negatif



GELOMBANG JATUH NORMAL



Koefisien pantul (Γ), Koefisien Terus(T), dan Impedansi Input (η_{in})



Bila medium 1 bersifat merugi (dielektrik merugi, konduktor)

$$\eta_{in} = \eta_1 \frac{\eta_2 + \eta_1 \tanh(\gamma_1 d)}{\eta_1 + \eta_2 \tanh(\gamma_1 d)}$$

Bila medium 1 bersifat tak-merugi (dielektrik sempurna, ruang hampa)

$$\eta_{in} = \eta_1 \frac{\eta_2 + j\eta_1 \tan(\beta_1 d)}{\eta_1 + j\eta_2 \tan(\beta_1 d)}$$

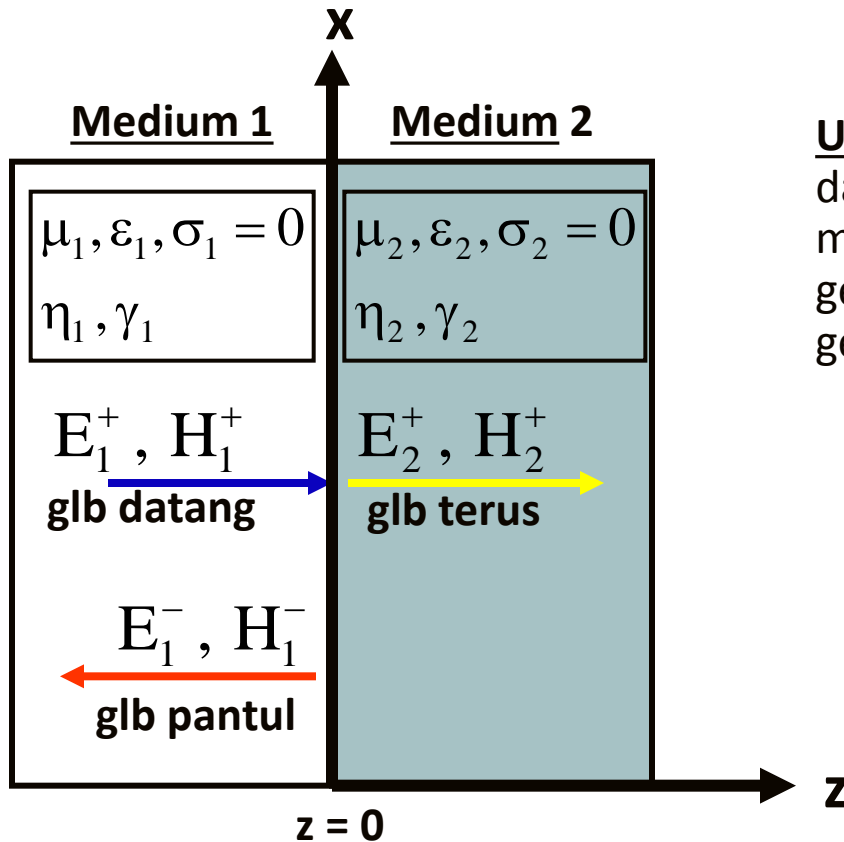
$$\bar{\Gamma}_0 = \frac{E_{xs1}^-}{E_{xs1}^+} = \frac{E_{x01}^-}{E_{x01}^+} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{“ Koefisien Pantul “}$$

$$\bar{T}_0 = \frac{E_{xs2}^+}{E_{xs1}^+} = \frac{E_{x02}^+}{E_{x01}^+} = \frac{2\eta_2}{\eta_2 + \eta_1} \quad \text{“ Koefisien Transmisi “}$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Kasus 1 : *Medium 1 Dielektrik Sempurna*
Medium 2 Dielektrik Sempurna



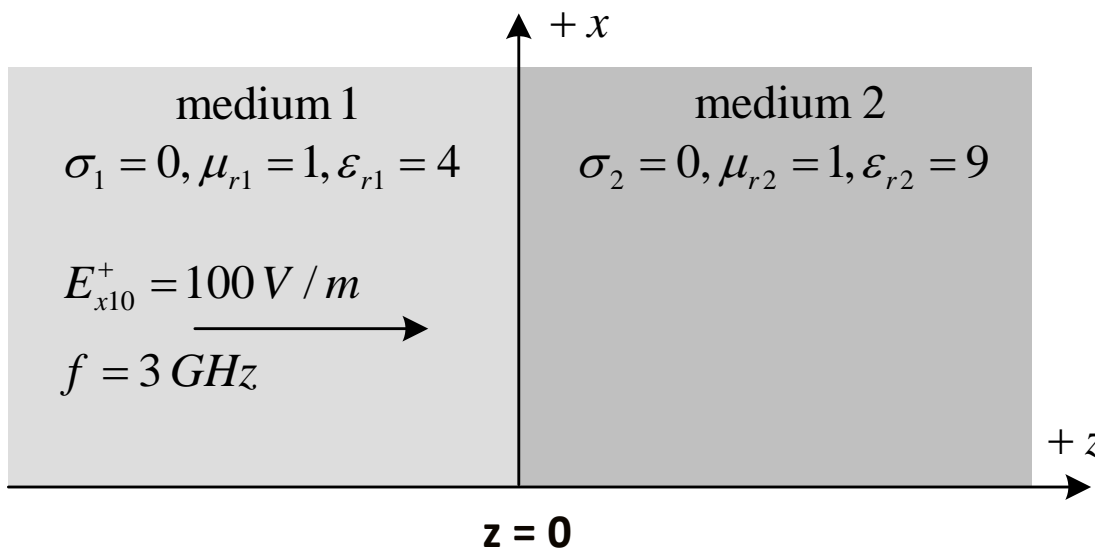
Untuk kasus : daerah 1 dielektrik sempurna, dan daerah 2 dielektrik sempurna, akan memberikan kondisi yang lebih umum. Ada gelombang yang dipantulkan dan ada gelombang yang diteruskan.

GELOMBANG JATUH NORMAL



Contoh

Gelombang elektromagnetik 3 GHz dengan amplitudo datang normal dari medium 1 ($\sigma_1 = 0$, $\mu_{r1} = 1$, $\epsilon_{r1} = 4$) menuju medium 2 ($\sigma_2 = 0$, $\mu_{r2} = 1$, $\epsilon_{r2} = 9$) seperti pada gambar berikut.



Hitunglah :

- Konstanta propagasi dan impedansi Intrinsik di medium 1 dan medium 2
- Koefisien pantul dan koefisien terus pada batas medium
- Persamaan Gelombang datang, gelombang pantul dan gelombang terus
- Impedansi input pada posisi $Z = -0,25 \text{ m}$
- Berapa persen daya yang dipantulkan ke medium 1 dan berapa persen daya yang diteruskan ke medium 2

GELOMBANG JATUH NORMAL



Kasus 2 : Daerah 1 Dielektrik Sempurna Daerah 2 Konduktor Sempurna

Daerah 1 Dielektrik Sempurna

$$\mu_1, \epsilon_1, \sigma_1 = 0$$

$$\eta_1, \gamma_1$$

karena $\bar{\Gamma}_0 = -1$

maka $\Rightarrow E_{x01}^- = -E_{x01}^+$

$$E_{xs1}^- = -E_{x01}^+ e^{-\beta z}$$

$$E_1^+, H_1^+ \rightarrow$$

gib datang

$$\leftarrow E_1^-, H_1^-$$

gib pantul

Daerah 2 Konduktor Sempurna

$$\mu_2, \epsilon_2, \sigma_2 \approx \infty$$

$$\eta_2 \approx 0, \gamma_2$$

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{j\omega\mu_2}{\sigma_2 + j\omega\epsilon_2}} = 0$$

Skin depth mendekati NOL, tidak ada medan berubah terhadap waktu

Amplitudo gelombang pantul sama dengan gelombang datang, tapi tanda berlawanan. Berarti semua **energi yang datang dipantulkan seluruhnya**

$$\bar{\Gamma}_0 = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} = \frac{0 - \eta_1}{0 + \eta_1} = -1$$

$$E_{xs1} = E_{xs1}^+ + E_{xs1}^- = E_{x01}^+ e^{-j\beta_1 z} - E_{x01}^+ e^{+j\beta_1 z} = E_{x01}^+ \left[e^{-j\beta_1 z} - e^{+j\beta_1 z} \right]$$

$$= -2j E_{x01}^+ \sin \beta_1 z \quad \rightarrow \quad E_{x1} = \text{Re} \left[E_{xs1} e^{j\omega t} \right]$$

$$E_{x1} = 2 E_{x01}^+ \sin \beta_1 z \sin \omega t$$

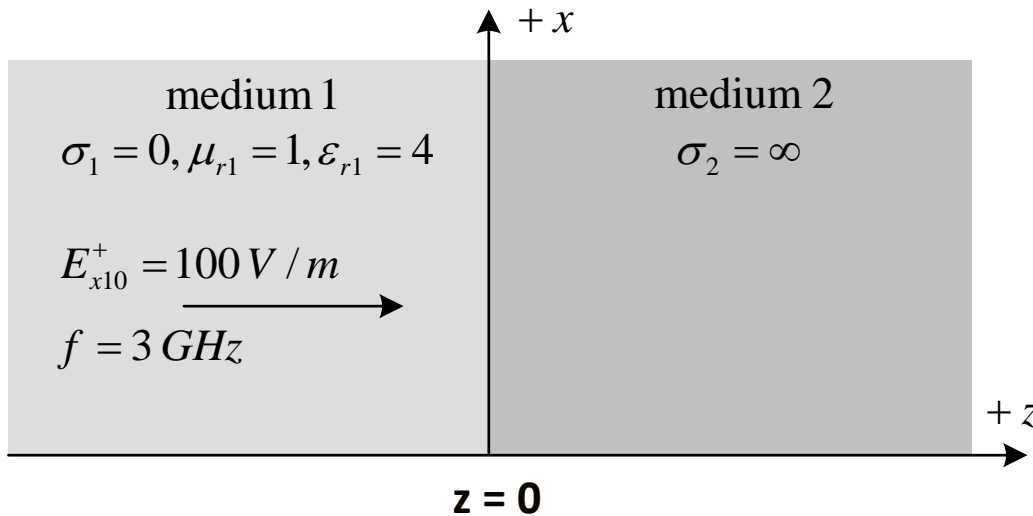
Gelombang berdiri murni !!

GELOMBANG JATUH NORMAL



Contoh

Gelombang elektromagnetik 3 GHz dengan amplitudo datang normal dari medium 1 ($\sigma_1 = 0$, $\mu_{r1} = 1$, $\epsilon_{r1} = 4$) menuju medium 2 ($\sigma_2 = \infty$) seperti pada gambar berikut.



Hitunglah :

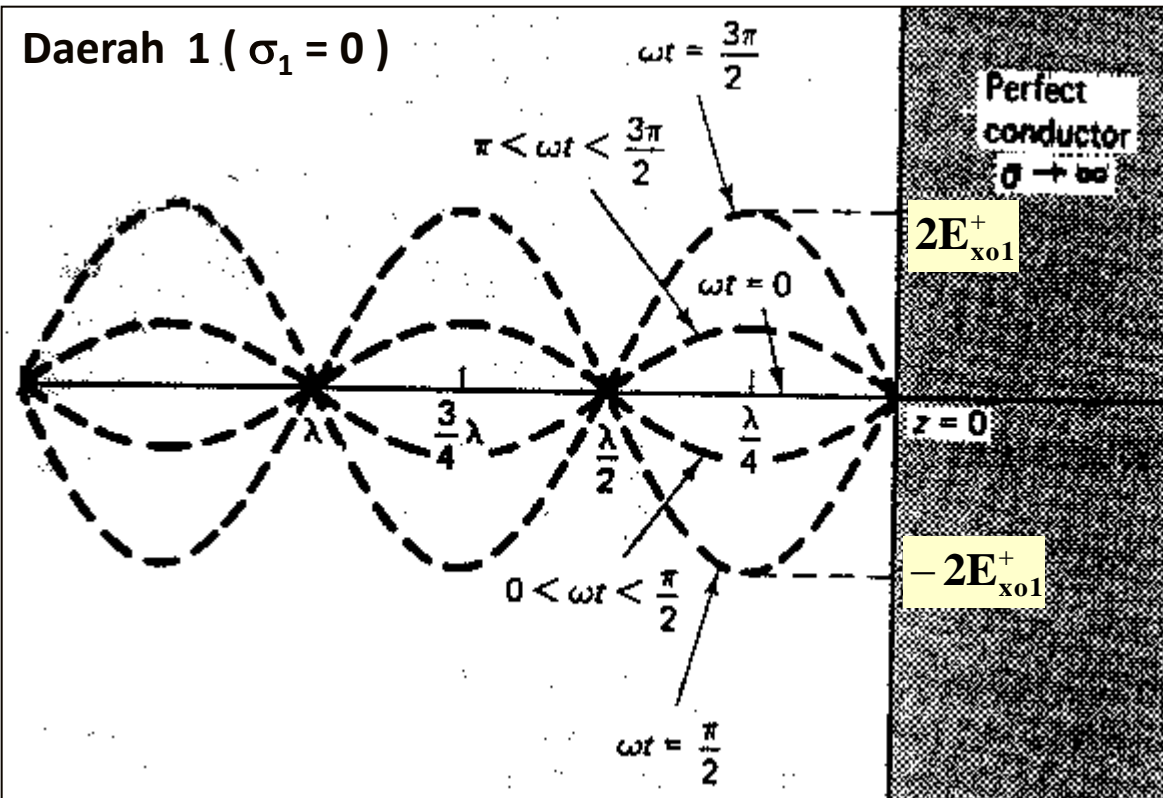
- Konstanta propagasi dan impedansi Intrinsik di medium 1 dan medium 2
- Persamaan Gelombang datang, gelombang pantul dan gelombang terus
- Koefisien pantul dan koefisien terus pada batas medium
- Impedansi input pada posisi $Z = -0,5 \text{ m}$
- Berapa persen daya yang dipantulkan ke medium 1 dan berapa persen daya yang diteruskan ke medium 2

GELOMBANG JATUH NORMAL



Gelombang Berdiri dan Konsep SWR

Daerah 1 ($\sigma_1 = 0$)



$$E_{x1} = 2E_{x01}^+ \sin \beta_1 z \sin \omega t$$

- Pada tiap waktu,

$$t = \frac{n\pi}{\omega} \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \text{ dst}$$

Menyebabkan medan $E = 0$
disemua titik posisi

- Pada posisi bidang,

$$z = \frac{n\pi}{\beta_1} \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \text{ dst}$$

Menyebabkan medan $E = 0$
di sepanjang waktu. Hal itu terjadi pada :

$$z = n \frac{\lambda_1}{2}$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Standing Wave Ratio (SWR)

Telah dijelaskan bahwa **Standing Wave Ratio (SWR)** adalah :

Derajat terbaginya gelombang menjadi gelombang berjalan dan gelombang berdiri dinyatakan dengan perbandingan harga maksimum terhadap harga minimum gelombang yang bersangkutan. Didefinisikan dari penurunan sebelumnya :

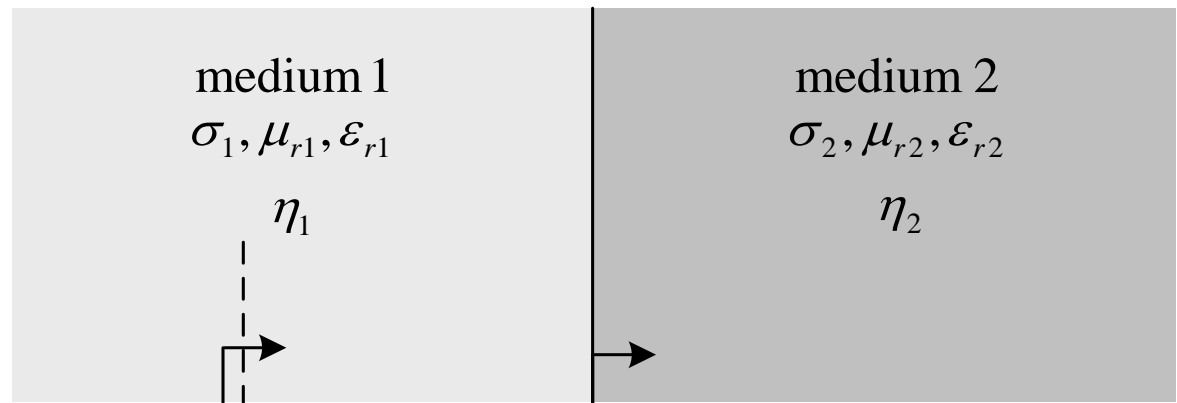
$$SWR = \frac{|\bar{E}_{x1}|_{\text{maks}}}{|\bar{E}_{x1}|_{\text{min}}} = \frac{1 + |\bar{\Gamma}|}{1 - |\bar{\Gamma}|}$$

Bila medium 1 bersifat tak-merugi (dielektrik sempurna, ruang hampa)

$$SWR_d = SWR_0$$

Bila medium 1 bersifat merugi (dielektrik merugi, konduktor)

$$SWR_d = \frac{1 + |\bar{\Gamma}_d|}{1 - |\bar{\Gamma}_d|} = \frac{1 + |\bar{\Gamma}_0| e^{-2\alpha d}}{1 - |\bar{\Gamma}_0| e^{-2\alpha d}}$$



$$\bar{\Gamma}_d = \frac{\eta_{in} - \eta_1}{\eta_{in} + \eta_1}$$

$$\begin{aligned} \bar{\Gamma}_d &= \bar{\Gamma}_0 e^{-2\gamma d} \\ &= \bar{\Gamma}_0 e^{-2\alpha d} e^{-j2\beta d} \end{aligned}$$

$$|\bar{\Gamma}_d| = |\bar{\Gamma}_0| e^{-2\alpha d}$$

$z = 0$

$$SWR_0 = \frac{1 + |\bar{\Gamma}_0|}{1 - |\bar{\Gamma}_0|}$$

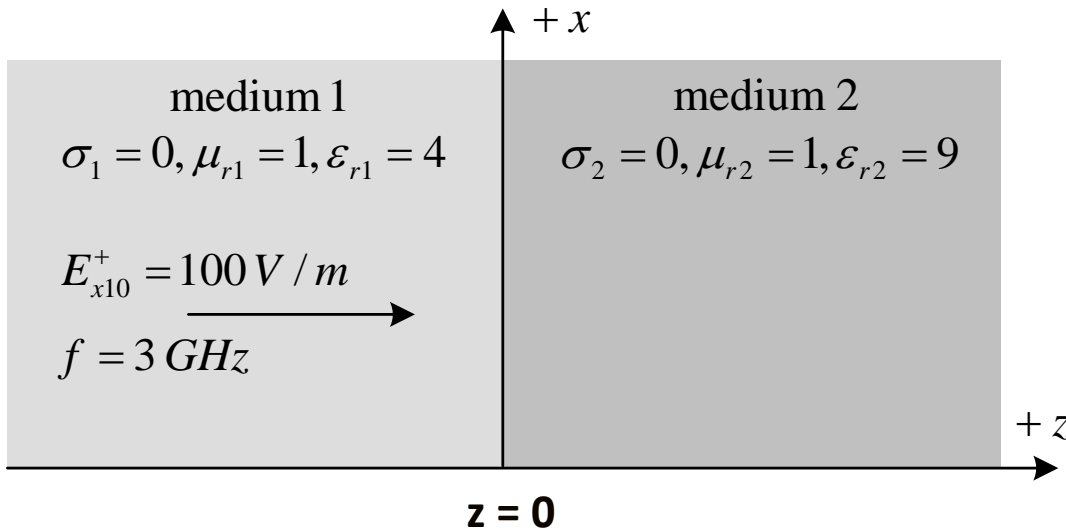
$$\bar{\Gamma}_0 = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Contoh

Gelombang elektromagnetik 3 GHz dengan amplitudo datang normal dari medium 1 ($\sigma_1 = 0, \mu_{r1} = 1, \epsilon_{r1} = 4$) menuju medium 2 ($\sigma_2 = 0, \mu_{r2} = 1, \epsilon_{r2} = 9$) seperti pada gambar berikut.



Hitunglah :

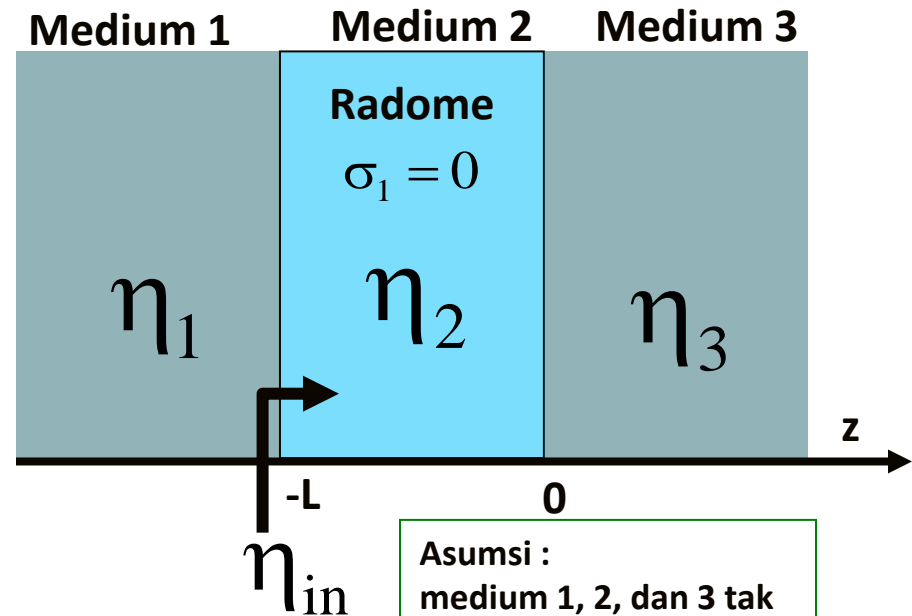
- SWR pada $Z = 0$
- SWR pada $Z = 0,5 \text{ m}$

GELOMBANG JATUH NORMAL



GELOMBANG LINTAS 3 MEDIUM DAN MATCHING IMPEDANCE

Pembahasan mengenai gelombang lintas 3 (tiga) medium umumnya adalah untuk kuantisasi **matching gelombang**, seperti yang terjadi pada **radome** (kubah pelindung antena).



Syarat matching :

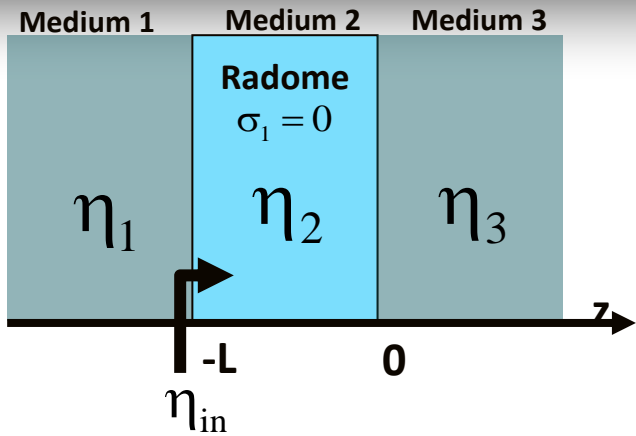
$$\eta_1 = \eta_{in}$$

Pada daerah antena (daerah 1) tidak terdapat pantulan gelombang

$$\eta_{in} = \eta_2 \frac{\eta_3 + j\eta_2 \tan \beta_2 L}{\eta_2 + j\eta_3 \tan \beta_2 L}$$

Asumsi :
medium 1, 2, dan 3 tak meredam

GELOMBANG JATUH NORMAL



Syarat matching :

$$\eta_1 = \eta_{in}$$

$$\eta_{in} = \eta_1 = \eta_2 \frac{\eta_3 + j\eta_2 \tan \beta_2 L}{\eta_2 + j\eta_3 \tan \beta_2 L}$$

Pada ketebalan tersebut, gelombang di Medium #1 tidak dipantulkan dan diteruskan seluruhnya. Pantulan hanya terjadi pada medium #2. Radome biasanya dibuat dari bahan yang ringan dan cukup tipis.

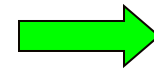
Kasus $\eta_1 = \eta_3$

$$\eta_{in} = \eta_1 = \eta_3 = \eta_2 \frac{\eta_3 + j\eta_2 \tan \beta_2 L}{\eta_2 + j\eta_3 \tan \beta_2 L}$$

$$\eta_3 \eta_2 + j\eta_3^2 \tan \beta_2 L = \eta_3 \eta_2 + j\eta_2^2 \tan \beta_2 L$$

Persamaan tersebut akan terpenuhi jika :

$$\tan \beta_2 L = 0 \implies \beta_2 L = n\pi$$



$$L = n \frac{\lambda_1}{2}$$

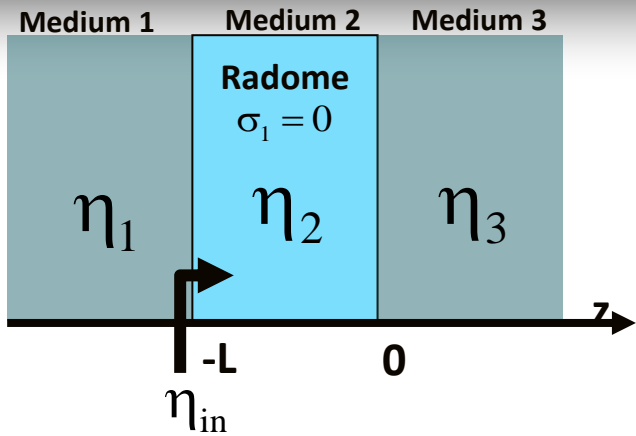
Kesimpulan

syarat yang harus dipenuhi agar tidak ada gelombang pantul pada medium 1 adalah :

- medium 2 memiliki permitivitas relatif sembarang
- medium 2 memiliki ketebalan

$$d = \frac{\lambda_2}{2}, \lambda_2, \frac{3\lambda_2}{2}, \dots$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Syarat matching :

$$\eta_1 = \eta_{in}$$

$$\eta_{in} = \eta_1 = \eta_2 \frac{\eta_3 + j\eta_2 \tan \beta_2 L}{\eta_2 + j\eta_3 \tan \beta_2 L}$$

Kasus $\eta_1 \neq \eta_3$

$$\eta_{in} = \eta_1 = \eta_2 \frac{\eta_3 + j\eta_2 \tan \beta_2 L}{\eta_2 + j\eta_3 \tan \beta_2 L}$$

Jika dipilih: $d = 1\frac{\lambda_2}{4}, 3\frac{\lambda_2}{4}, 5\frac{\lambda_2}{4}, \dots$

Maka: $\tan \beta_2 L = \infty$ Sehingga :

$$\frac{\eta_2^2}{\eta_3} = \eta_1 \longrightarrow \eta_2 = \sqrt{\eta_1 \eta_3}$$

Kesimpulan

syarat yang harus dipenuhi agar tidak ada gelombang pantul pada medium 1 adalah :

- medium 2 memiliki karakteristik bahan yang mengakibatkan $\eta_2 = \sqrt{\eta_1 \eta_3}$
- medium 2 memiliki ketebalan

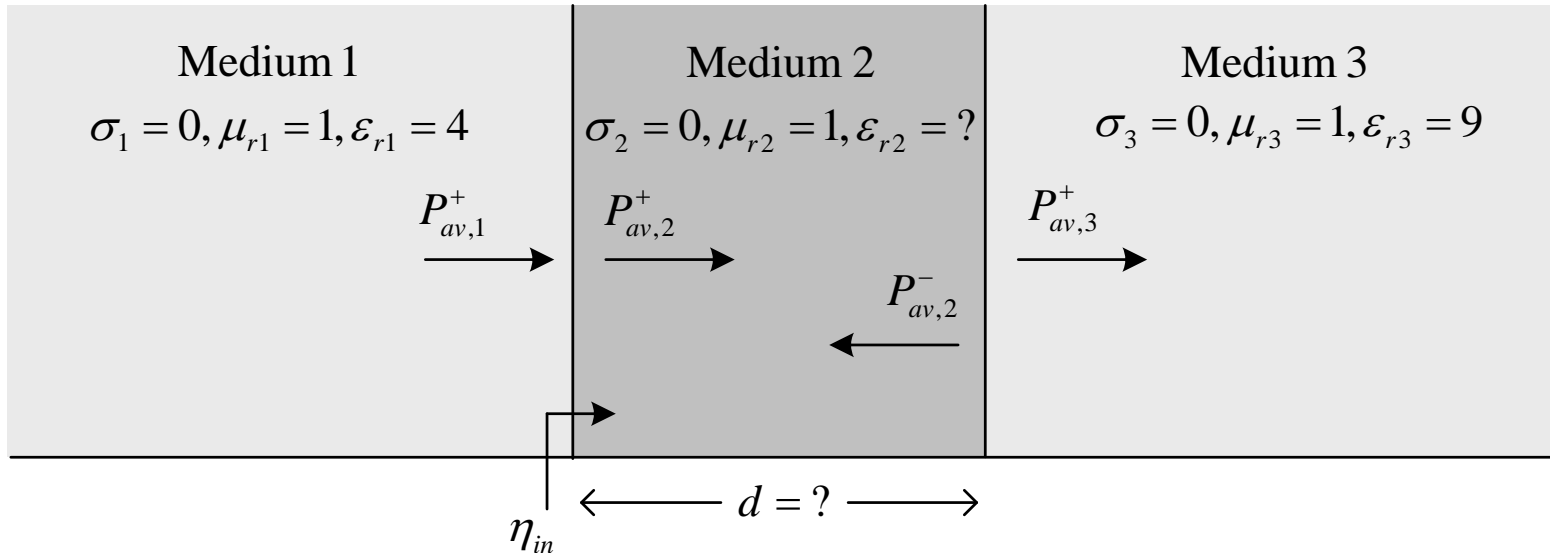
$$d = 1\frac{\lambda_2}{4}, 3\frac{\lambda_2}{4}, 5\frac{\lambda_2}{4}, \dots$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Contoh

Gelombang elektromagnetik 300 MHz ingin ditransmisikan dari medium 1 menuju medium 3 melewati medium 2 seperti pada gambar



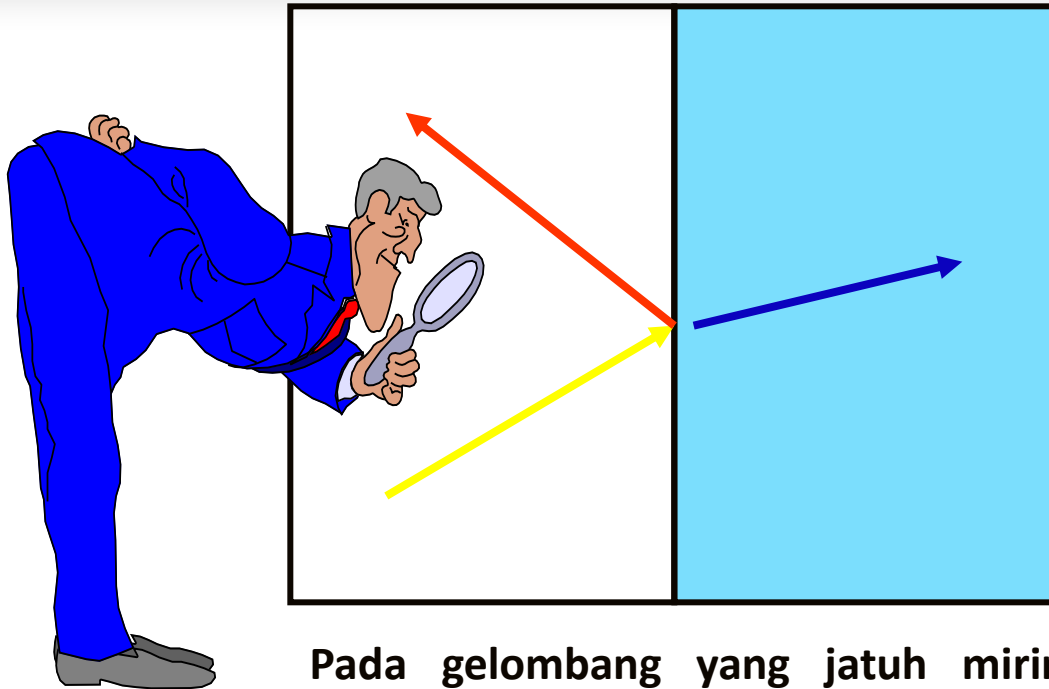
Tentukan :

a) $\epsilon_{r2} = \dots\dots\dots ?$

b) $d = \dots\dots\dots ?$

Agar tidak ada gelombang pantul pada medium 1 ?

GELOMBANG JATUH MIRING



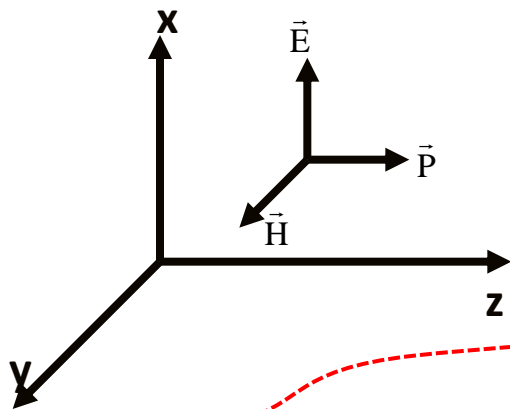
Pada gelombang yang jatuh miring pada bidang batas, secara umum ada gelombang yang dipantulkan, dan ada juga gelombang yang diteruskan tetapi dibelokkan. Hal ini disebut sebagai *fenomena pembiasan*.

GELOMBANG JATUH MIRING



Persamaan Gelombang Jatuh Miring

Sebelum kita membahas tentang gelombang yang jatuh miring pada bidang batas, ada baiknya kita mempelajari tentang persamaan gelombang yang miring relatif terhadap sumbu-sumbu koordinat.



$$\vec{E} = E_0 e^{-j\beta z} \hat{a}_x$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{\eta} e^{-j\beta z} \hat{a}_y$$

Contoh

$$\vec{E} = E_{x0} e^{-\gamma x} \vec{a}_y$$

Gelombang merambat ke arah sumbu x positif

$$\vec{E} = E_{x0} e^{-j\beta z} \vec{a}_x$$

Gelombang merambat ke arah sumbu z positif

$$\vec{E} = E_0 e^{-j\beta z'} \hat{a}_{x'}$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{\eta} e^{-j\beta z'} \hat{a}_y$$

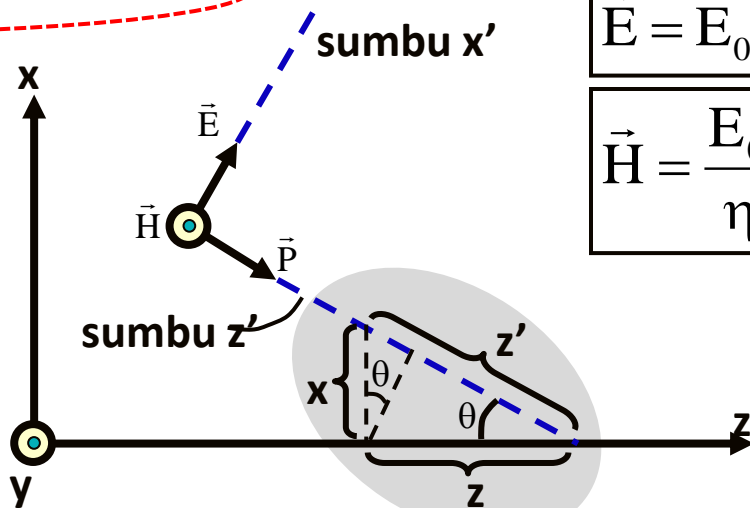
Sedangkan, dapat dituliskan juga ...

$$z' = x \sin \theta + z \cos \theta$$

$$\hat{a}_{x'} = \hat{a}_x \cos \theta + \hat{a}_z \sin \theta$$

$$\vec{E} = E_0 e^{-j\beta[x \sin \theta + z \cos \theta]} [\hat{a}_x \cos \theta + \hat{a}_z \sin \theta]$$

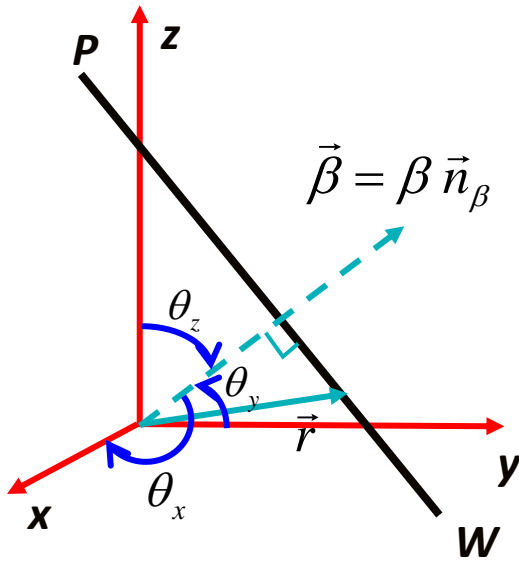
$$\vec{H} = \frac{E_0}{\eta} e^{-j\beta[x \sin \theta + z \cos \theta]} \hat{a}_y$$



GELOMBANG JATUH MIRING



$$\vec{E}(z) = E_{xo} e^{-j\beta z} \vec{a}_x \quad \longrightarrow \quad \vec{E}(z) = \vec{E}_m e^{-j\vec{\beta} \cdot \vec{r}}$$

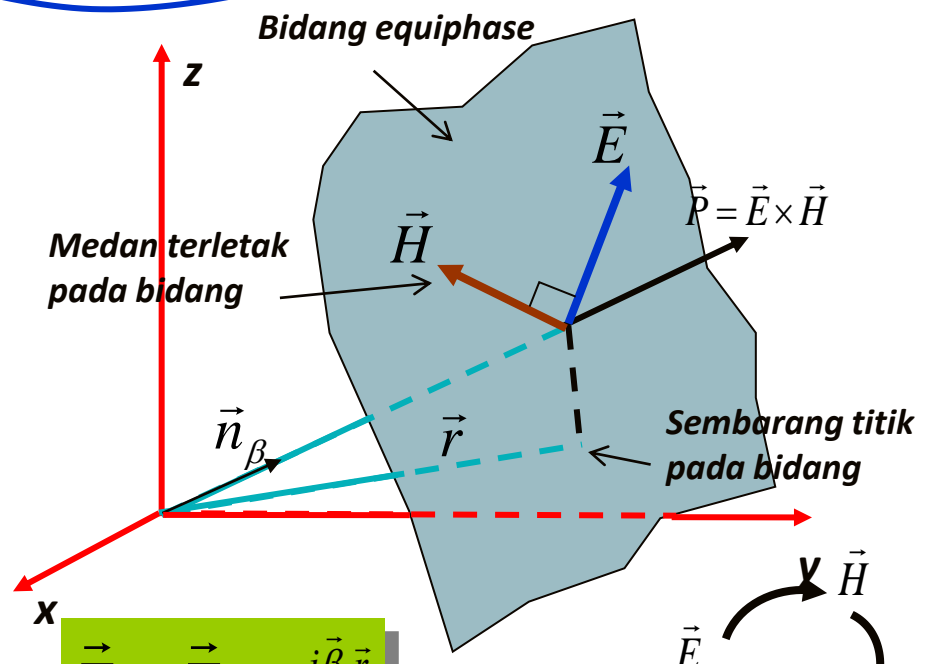


$$\vec{r} = x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z$$

$$\vec{\beta} = \beta_x\vec{a}_x + \beta_y\vec{a}_y + \beta_z\vec{a}_z$$

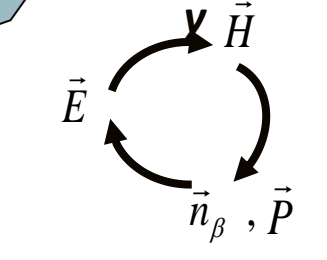
$$\vec{\beta} \cdot \vec{r} = \beta_x x + \beta_y y + \beta_z z$$

$$= \beta (\cos \theta_x x + \cos \theta_y y + \cos \theta_z z)$$



$$\vec{E} = \vec{E}_m e^{-j\vec{\beta} \cdot \vec{r}}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{n}_\beta \times \vec{E}}{\eta}$$

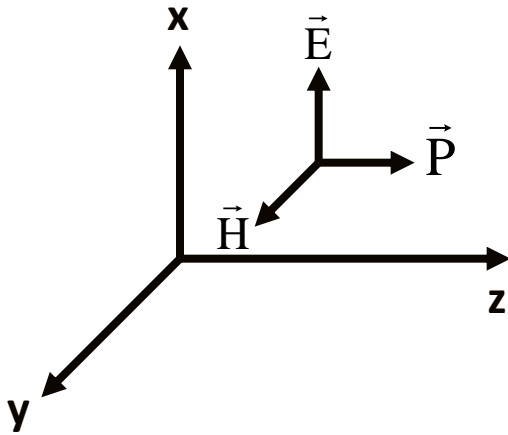


$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

GELOMBANG JATUH MIRING



Contoh



$$\vec{E} = E_0 e^{-j\beta z} \hat{a}_x$$



$$\vec{E} = \vec{E}_m e^{-j\vec{\beta} \cdot \vec{r}}$$

$$\vec{E} = E_0 e^{-j\vec{\beta} \cdot \vec{r}} \hat{a}_x$$

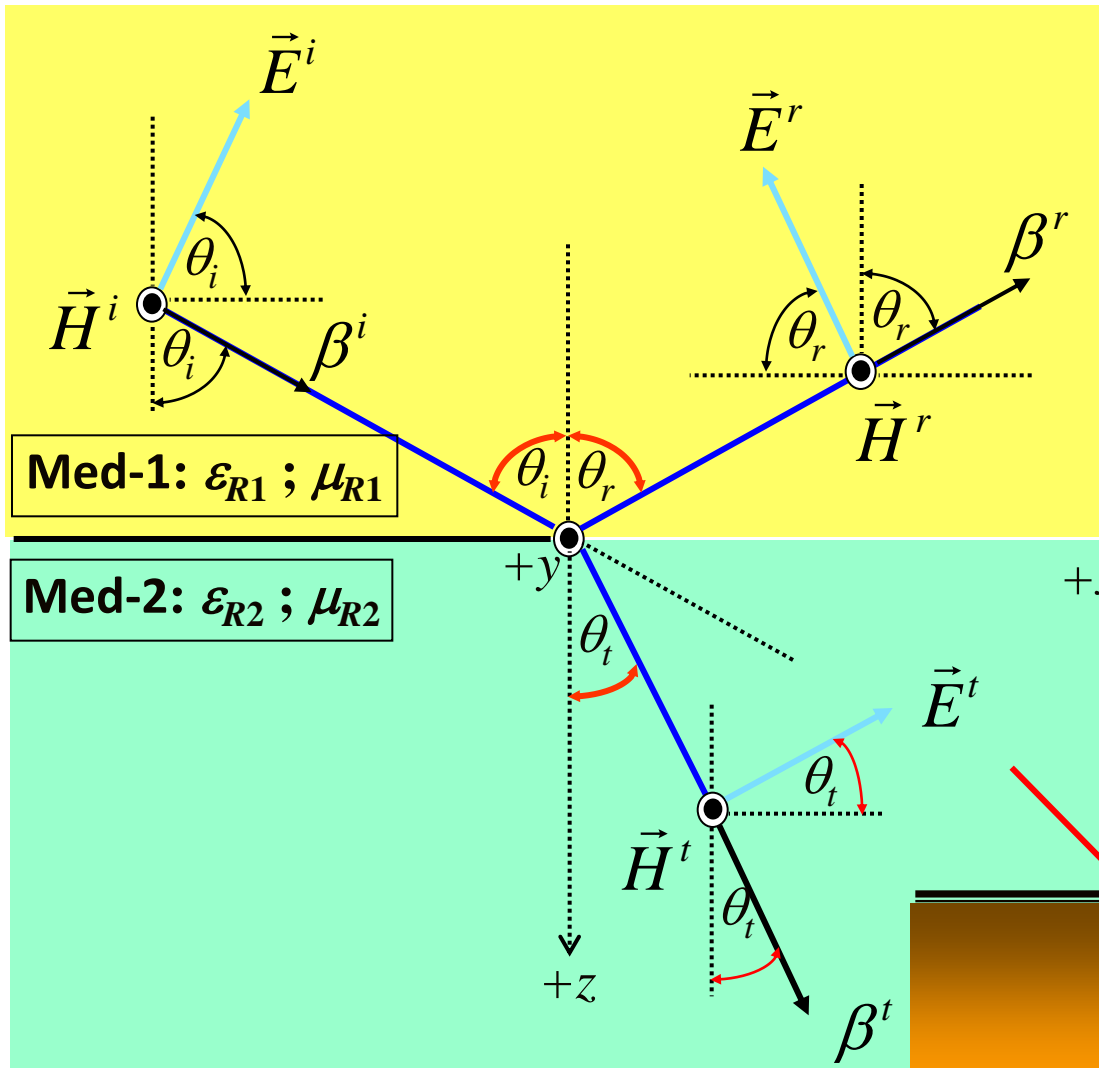
$$\left. \begin{aligned} \vec{\beta} &= \beta_z \vec{a}_z \\ \vec{\beta} &= (\beta \cos \theta_z) \vec{a}_z \\ \vec{r} &= x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z \\ \vec{\beta} \cdot \vec{r} &= (\beta \cos \theta_z)z = \beta z \end{aligned} \right\}$$

$$\vec{E} = E_0 e^{-j\beta z} \hat{a}_x$$

GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium



“ Hukum Snellius untuk pantulan ”

$$\theta_i = \theta_r$$

“ Hukum Snellius untuk pembiasan ”

$$\frac{\sin \theta_t}{\sin \theta_i} = \frac{n_i}{n_t} = \frac{v_t}{v_i} = \frac{\lambda_t}{\lambda_i}$$

- $n_1 < n_2 \rightarrow$ gelombang terus dibelokkan mendekati normal
- $n_1 > n_2 \rightarrow$ Gelombang terus dibelokkan menjauhi normal



GELOMBANG JATUH MIRING



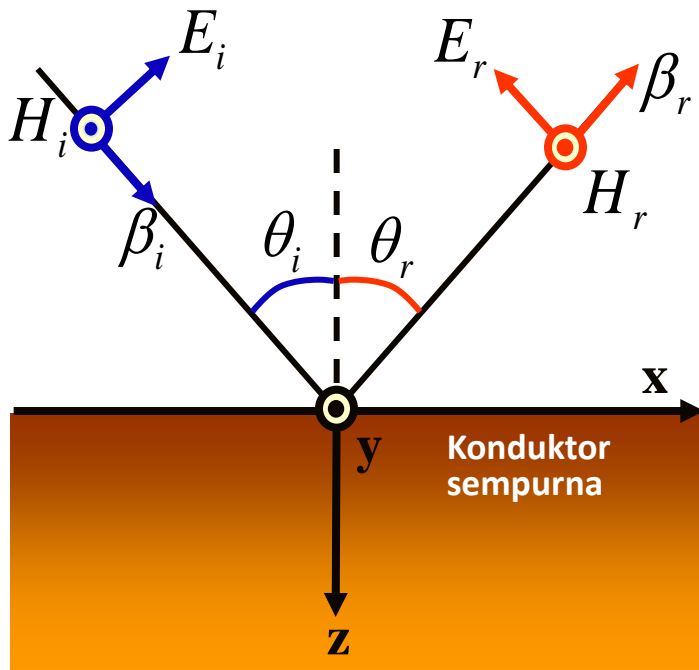
Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 1 : Medium pemantul konduktor sempurna

Pada medium pemantul adalah konduktor sempurna, gelombang akan dipantulkan seluruhnya

“ *Hukum Snellius untuk pantulan* ”

Free space



$$\theta_i = \theta_r$$

Ekspresi medan total di *free space* :

$$\vec{E} = \vec{E}_i + \vec{E}_r = \hat{E}_{0i} e^{-j\vec{\beta}_i \cdot \vec{r}} + \hat{E}_{0r} e^{-j\vec{\beta}_r \cdot \vec{r}}$$

dimana,

$$\vec{\beta}_i \cdot \vec{r} = \beta(x \sin \theta_i + z \cos \theta_i)$$

$$\vec{\beta}_r \cdot \vec{r} = \beta(x \sin \theta_r - z \cos \theta_r)$$

GELOMBANG JATUH MIRING

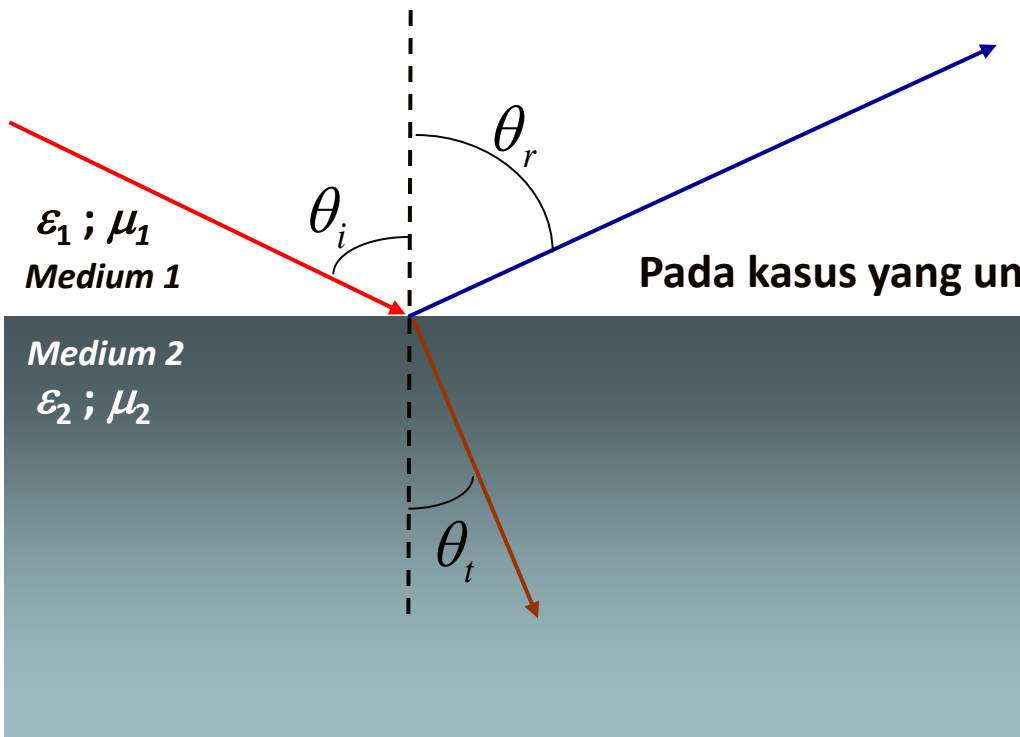


Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : Medium pemantul Dielektrik

Pada medium pemantul adalah dielektrik, sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi dibiaskan

“ Hukum Snellius untuk pembiasan “



$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\mu_2 \epsilon_2}{\mu_1 \epsilon_1}}$$

Pada kasus yang umum, $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$, nonferromagnetik sehingga,

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \sqrt{\frac{\mu_2 \epsilon_2}{\mu_1 \epsilon_1}}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$$



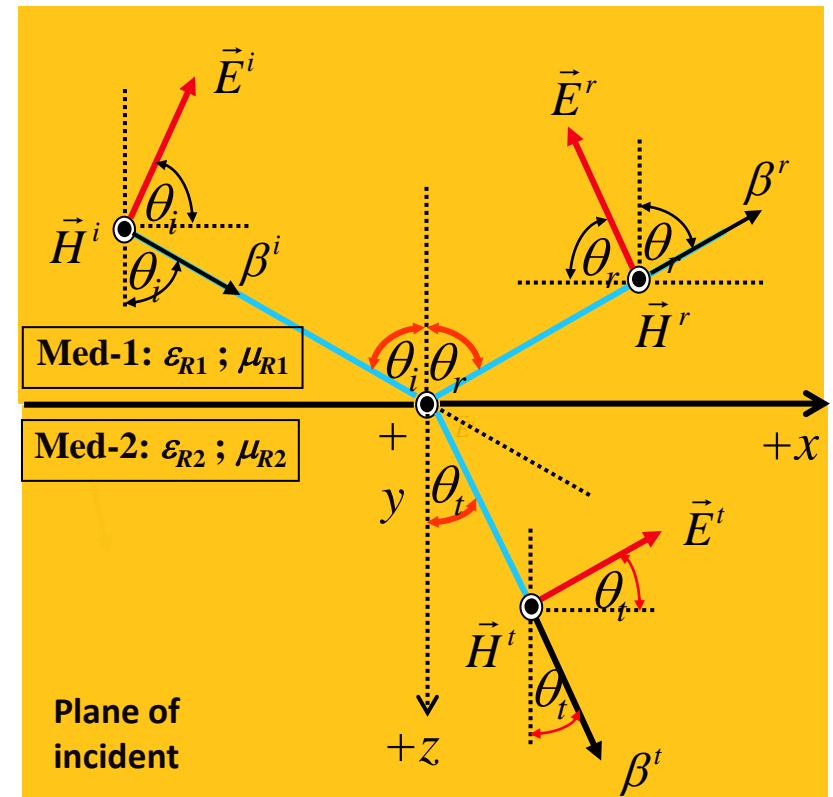
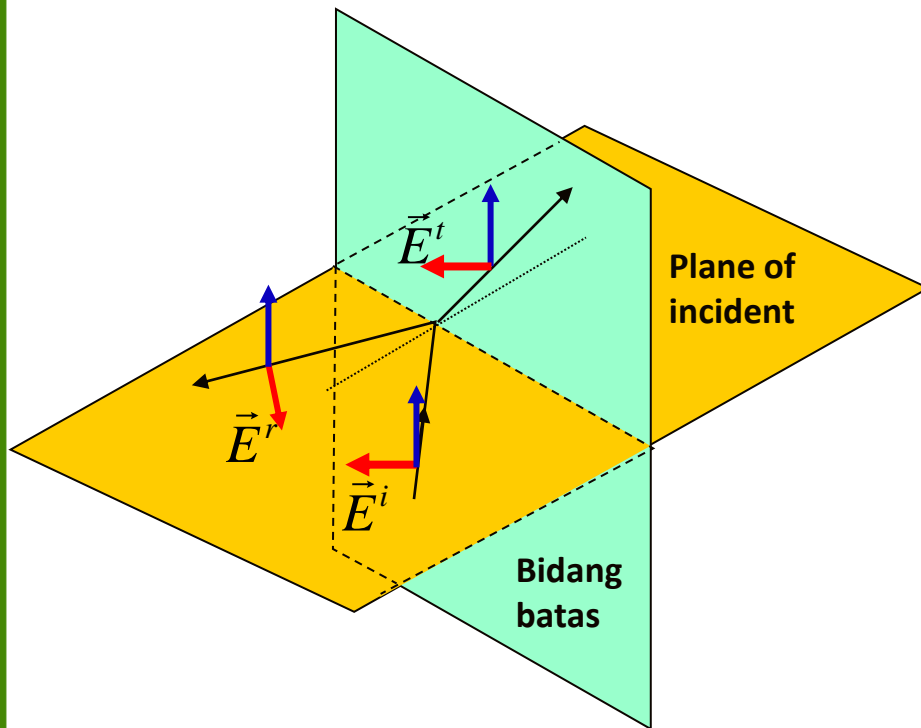
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

POLARISASI PARALLEL / VERTICAL

Medan listrik paralel thd plane of incident



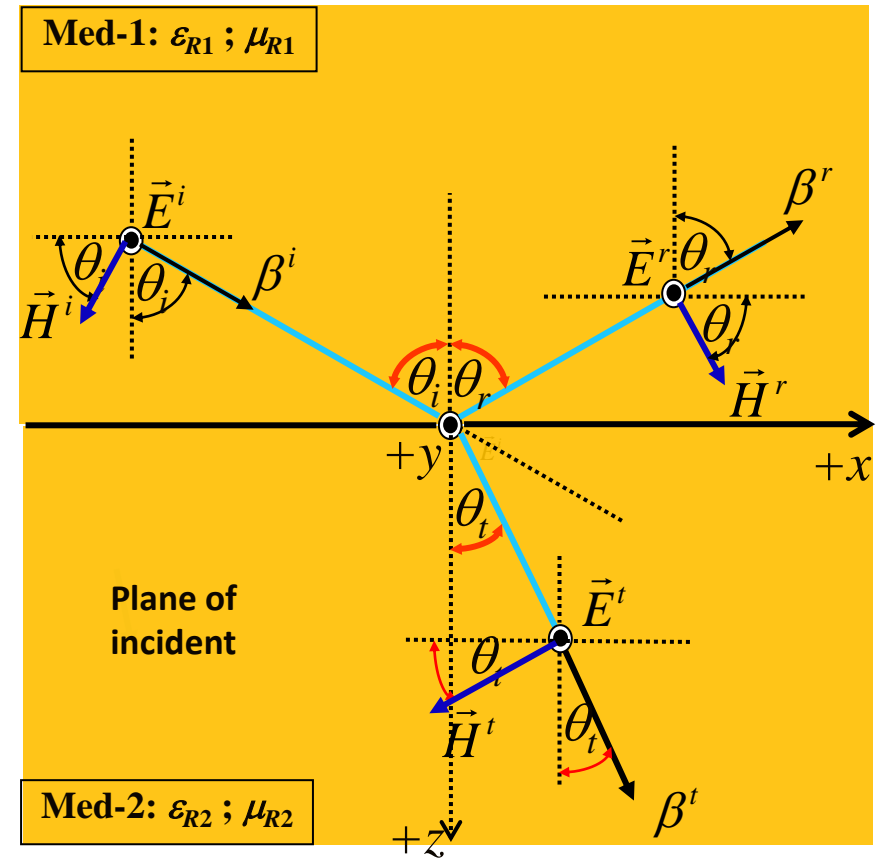
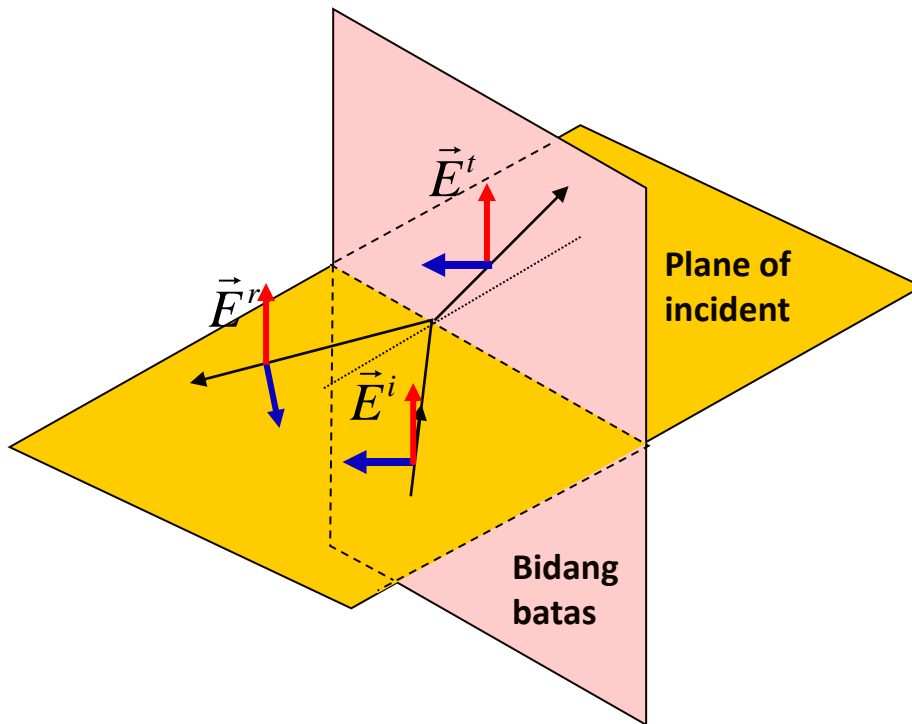
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

POLARISASI TEGAK LURUS/ HORIZONTAL

Medan listrik tegak lurus thd plane of incident



GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : Medium pemantul Dielektrik

Koefisien Pantul

1) Polarisasi Vertikal

Medan E terletak pada bidang jatuh, *incident plane*, dan medan H sejajar perbatasan medium

$$\bar{\Gamma}_v = \frac{\eta_2 \cos \theta_t - \eta_1 \cos \theta_i}{\eta_2 \cos \theta_t + \eta_1 \cos \theta_i}$$

Lihat penurunannya pada buku Iskander hal 453-454 !!

Sebagai fungsi sudut datang saja, magnitudo koefisien pantul polarisasi vertikal dapat dinyatakan disamping

$$|\bar{\Gamma}_v| = \frac{-\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \cos \theta_i + \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - \sin^2 \theta_i}}{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \cos \theta_i + \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - \sin^2 \theta_i}}$$

2) Polarisasi Horizontal

Medan E sejajar bidang perbatasan, medan H terletak pada bidang jatuh, *incident plane*

$$\bar{\Gamma}_h = \frac{\eta_2 \cos \theta_i - \eta_1 \cos \theta_t}{\eta_2 \cos \theta_i + \eta_1 \cos \theta_t}$$

Lihat penurunannya pada buku Iskander hal 458

Sebagai fungsi sudut datang saja, magnitudo koefisien pantul polarisasi horizontal dapat dinyatakan di bawah ini :

$$|\bar{\Gamma}_h| = \frac{\cos \theta_i - \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - \sin^2 \theta_i}}{\cos \theta_i + \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - \sin^2 \theta_i}}$$

GELOMBANG JATUH MIRING




Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : Medium pemantul Dielektrik

Koefisien Terus

1) Polarisasi Vertikal / polarisasi sejajar


$$\bar{T}_v = \frac{2\eta_2 \cos \theta_i}{\eta_1 \cos \theta_i + \eta_2 \cos \theta_t}$$


 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$

$$\bar{T}_v = \frac{2 \cos \theta_i}{\sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \cos \theta_i + \cos \theta_t}$$

2) Polarisasi Horizontal / polarisasi tegak lurus

$$\bar{T}_h = \frac{2\eta_2 \cos \theta_i}{\eta_2 \cos \theta_i + \eta_1 \cos \theta_t}$$


 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$

$$\bar{T}_h = \frac{2 \cos \theta_i}{\cos \theta_i + \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \cos \theta_t}$$

GELOMBANG JATUH MIRING



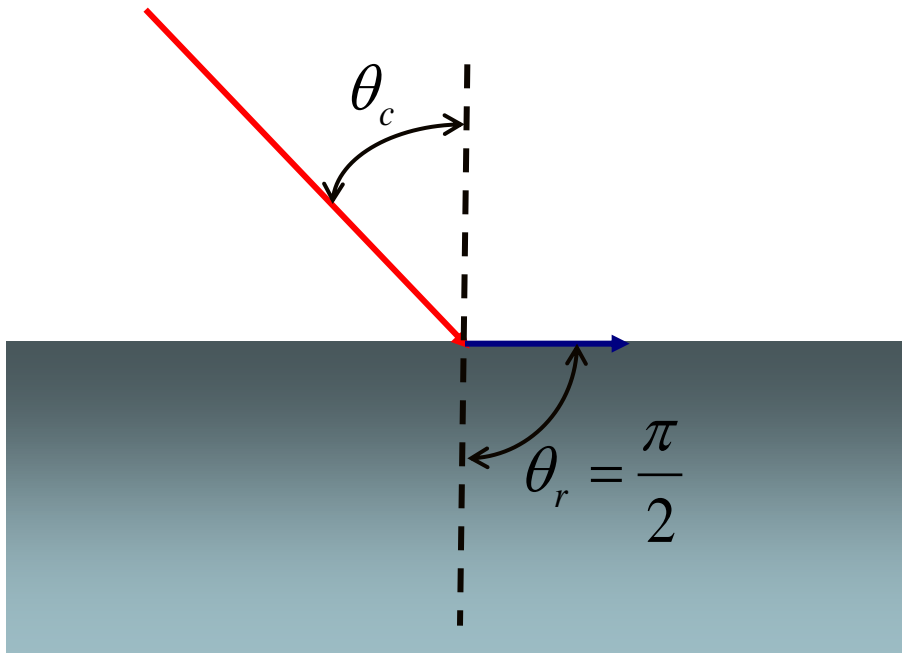
Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : *Medium pemantul Dielektrik*

Sudut Kritis....

Sudut kritis adalah sudut datang ketika **sudut biasnya 90°**.

Untuk kedua bahan nonferomagnetik, dapat dibuktikan dari hukum Snellius I :



$$\sin \theta_c = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$$

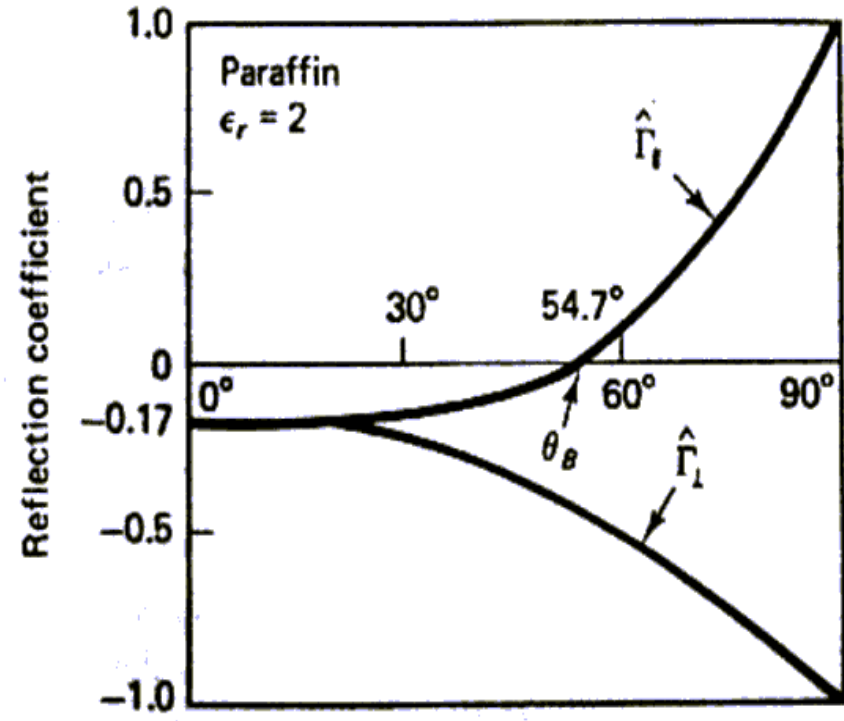
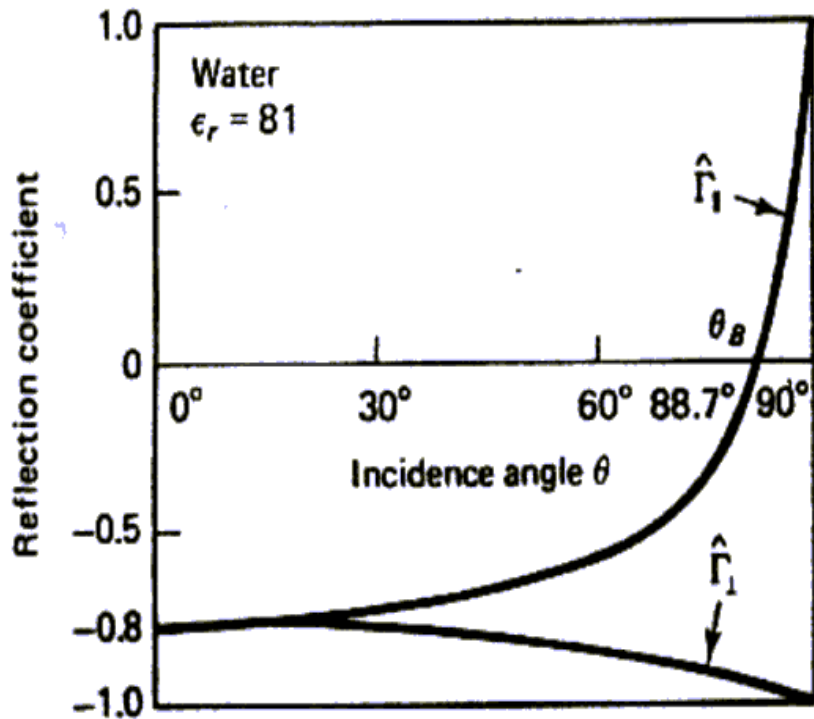
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : Medium pemantul Dielektrik

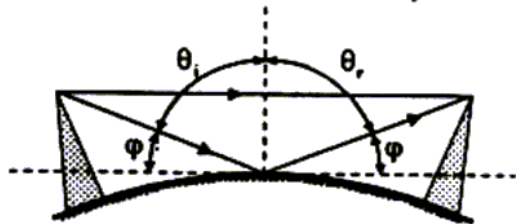
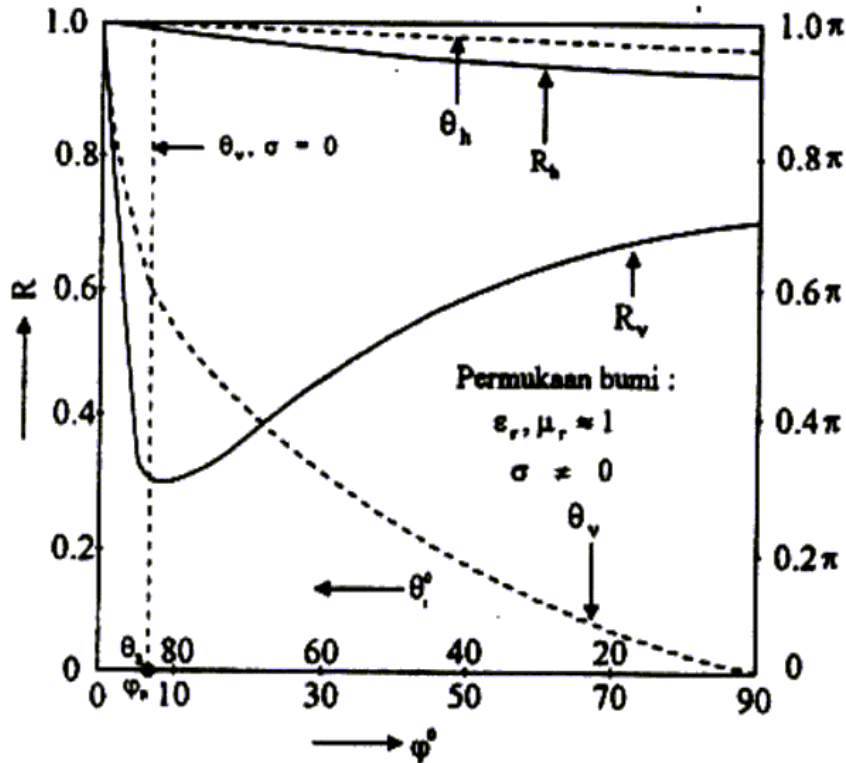
Koefisien pantul sebagai fungsi sudut jatuh untuk gelombang berpolarisasi horisontal dan vertikal dari udara ke air dan ke parafin, σ dianggap = 0



GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium



Untuk ϕ kecil ($\theta_i \rightarrow 90^\circ$)
 hampir pantulan sempurna

Dalam perambatan gelombang antara pemancar dan penerima di atas permukaan bumi (komunikasi terrestrial) koefisien pantul digambarkan untuk nilai-nilai ϵ , σ , dan μ dari permukaan bumi tertentu untuk daerah frekuensi tertentu pula, sebagaimana digambarkan di samping :

$$\begin{aligned} \bar{\Gamma} &= \bar{R} = R e^{j\theta_R} = R \angle \theta_R \quad ; \quad \varphi = 90^\circ - \theta_i \\ &= R_h \angle \theta_h \\ &= R_v \angle \theta_v \end{aligned}$$

Jika,

$$\varphi \rightarrow 0 \text{ maka } R_v \approx R_h \approx 1$$

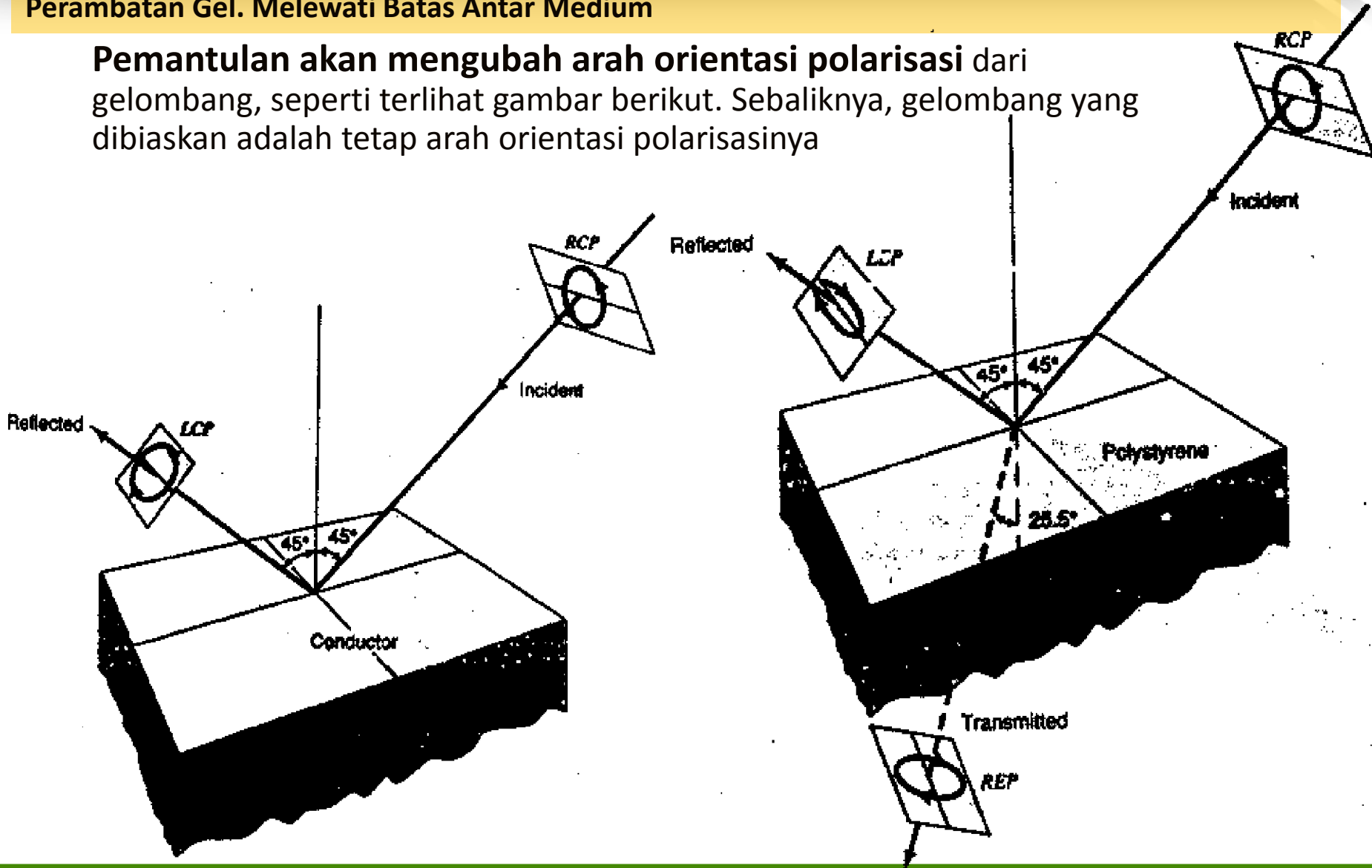
Dalam praktek $R \sim 0,96 - 0,98$ berlaku untuk hubungan terrestrial, karena umumnya φ lebih kecil dari 1° .

GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Pemantulan akan mengubah arah orientasi polarisasi dari gelombang, seperti terlihat gambar berikut. Sebaliknya, gelombang yang dibiaskan adalah tetap arah orientasi polarisasinya



ANY QUESTION???



Thank you

