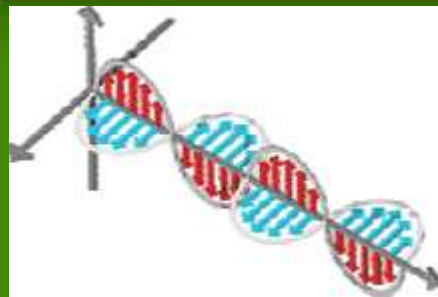




Telkom
University



ELEKTROMAGNETIK TERAPAN



1. GELOMBANG LI NTAS MEDI UM

By Dwi Andi Nurmantris

WHERE ARE WE??

1. PENDAHULUAN

- Pengenalan Mata Kuliah
- Silabus (materi), dan referensi,
- Aturan penilaian: Quis, Ujian, Tugas dll
- Aturan Perkuliahan : Kontrak Belajar
- Sejarah dan Aplikasi Elektromagnetika

2. PERSAMAAN MAXWELL UNTUK MEDAN DINAMIS

- Vektor Analysis
- Konsep dan Arti Fisis tentang Empat Persamaan Maxwell
- penerapan konsep Empat Persamaan Maxwell

3. PROPAGASI GELOMBANG DATAR

- Penurunan Pers. Helmholtz dari Persamaan Maxwell
- Perambatan gelombang pada Berbagai Medium (Dielektrik Merugi)
- Perambatan gelombang pada Dielektrik Sempurna, Vakum, Konduktor : Efek Kulit) dengan Parameter Primer dan Parameter Sekundernya
- Vektor Poynting dan Analisis Daya
- Polarisasi Gelombang
- Pantulan gelombang sudut datang nol
- Konservasi Daya dalam Pantulan
- Standing Wave Ratio, Impedansi Input, dan Matching gelombang
- Radome (med1|med2|med3 -med1|med2|med3)
- Perambatan GEM pada arah sembarang
- Pantulan Sudut-Datang Tak-Nol dan Nol : Gelombang Berdiri

4. SALURAN TRANSMISI

- Model dan Persamaan Saluran Transmisi
- Macam-macam Saluran Transmisi dengan Parameter Primer dan Sekundernya, Saluran Distortionless dan Lossless

WHERE ARE WE??

- Kasus 1 : Saluran Tak-merugi Beban Sesuai (V, I, P)
- Kasus 2 : Saluran Tak-merugi Beban Tak-Sesuai (V, I, P)
- Impedansi input dan VSWR
- Kasus 3 : Saluran-saluran Istimewa ($\lambda/2, \lambda/4, Z_L = 0, Z_L = \infty$)
- Kasus 4 : Persoalan Saluran Merugi
- Penyesuaian Impedansi dengan Transformator $\frac{1}{4}$ panjang gelombang
- Konsep lebar-pita frekuensi untuk sistem saluran transmisi
- Penyesuaian Impedansi dengan Stub-Tunggal
- Smith-Chart: Pembuatan dan Penggunaan
- Penyesuaian Impedansi dengan Stub Ganda dengan Smith Chart

5. BUMBUNG GELOMBANG PERSEGI (BGP)

- Analisis Medan Elektromagnetik dalam BGP
- Gelombang Mode TM_{mn} , Parameter Primer dan Sekunder
- Gelombang Mode TE_{mn} , Parameter Primer dan Sekunder
- Tinjauan Daya dan Rugi-rugi

6. BUMBUNG GELOMBANG SIRKULAR (BGS)

- Analisis Medan Elektromagnetik dalam BGS
- Gelombang Mode TM_{nl} dan TE_{nl} , Parameter Primer dan Sekunder
- Pengenalan Serat Optik

7. RADIASI GELOMBANG

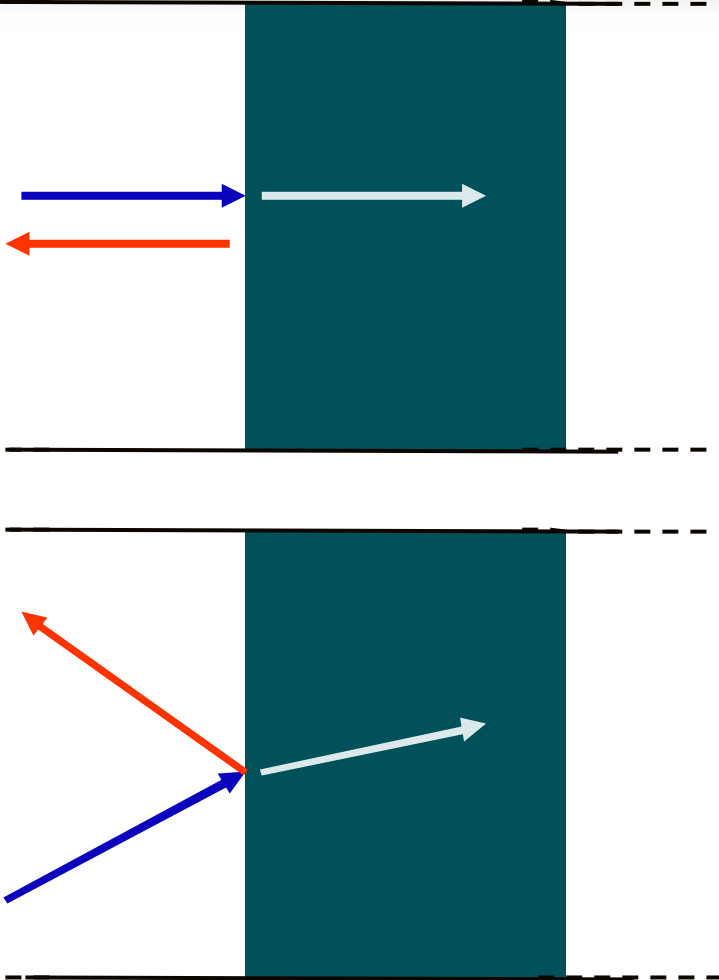
- Analisis Medan Radiasi Filamen Pendek, Diagram Arah
- Aproksimasi untuk Medan Jauh, Daya Pancar, Tahanan Pancar Dipole $\frac{1}{2} \lambda$ dan Monopole

OUTLINE



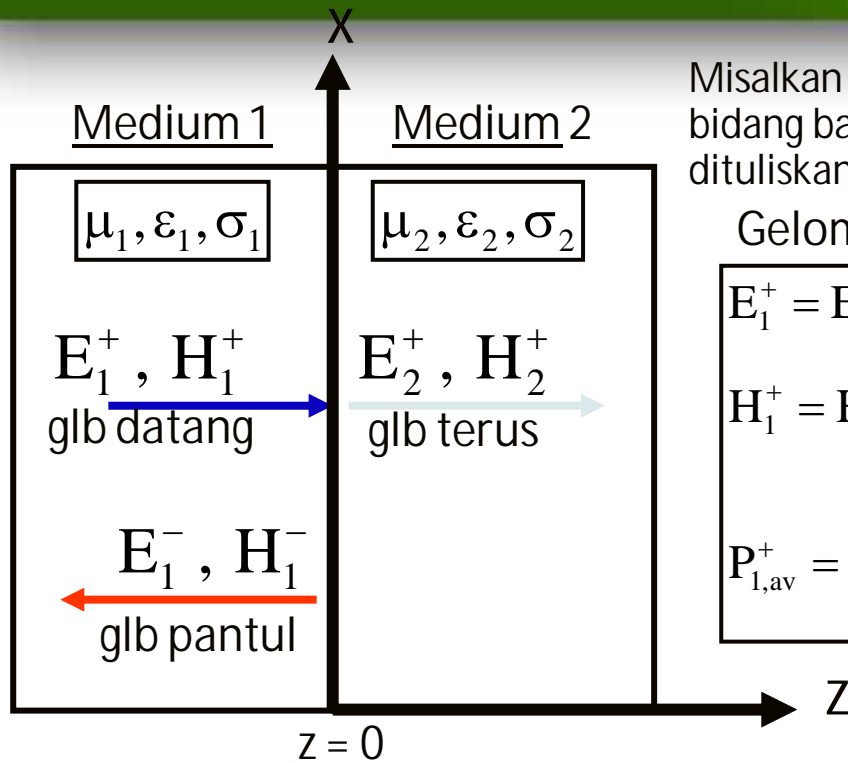
1. Gelombang Lintas Medium
 - a) Gelombang Jatuh Normal
 - b) Gelombang Jatuh Miring

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

$$E_1^+ = E_{xs1}^+ = E_{xo1}^+ e^{-\gamma_1 z}$$

$$H_1^+ = H_{ys1}^+ = \frac{1}{\eta_1} E_{xo1}^+ e^{-\gamma_1 z}$$

$$P_{1,av}^+ = \frac{E_{xo1}^+{}^2}{2|\eta_1|} e^{-2\alpha_1 z} \cos \theta_{\eta_1}$$

Gelombang terus

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

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

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

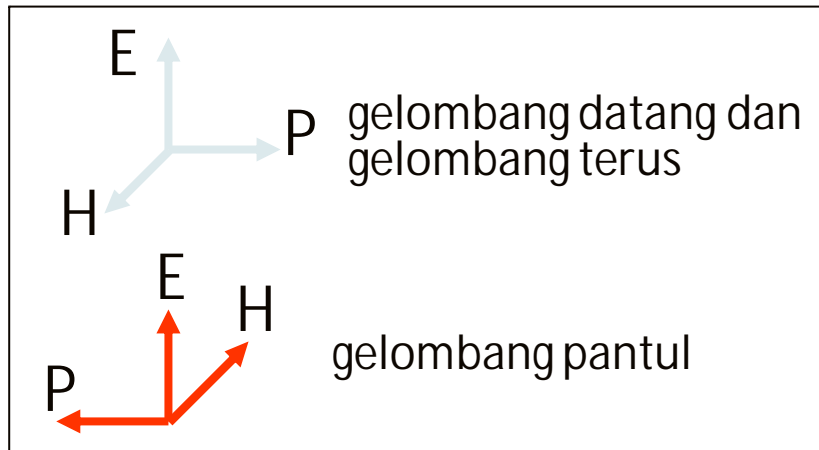
merambat ke sumbu z positif
Gelombang pantul

$$E_1^- = E_{xs1}^- = E_{xo1}^- e^{+\gamma_1 z}$$

$$H_1^- = H_{ys1}^- = -\frac{1}{\eta_1} E_{xo1}^- e^{+\gamma_1 z}$$

$$P_{1,av}^- = \frac{E_{xo1}^-{}^2}{2|\eta_1|} e^{+\alpha_1 z} \cos \theta_{\eta_1}$$

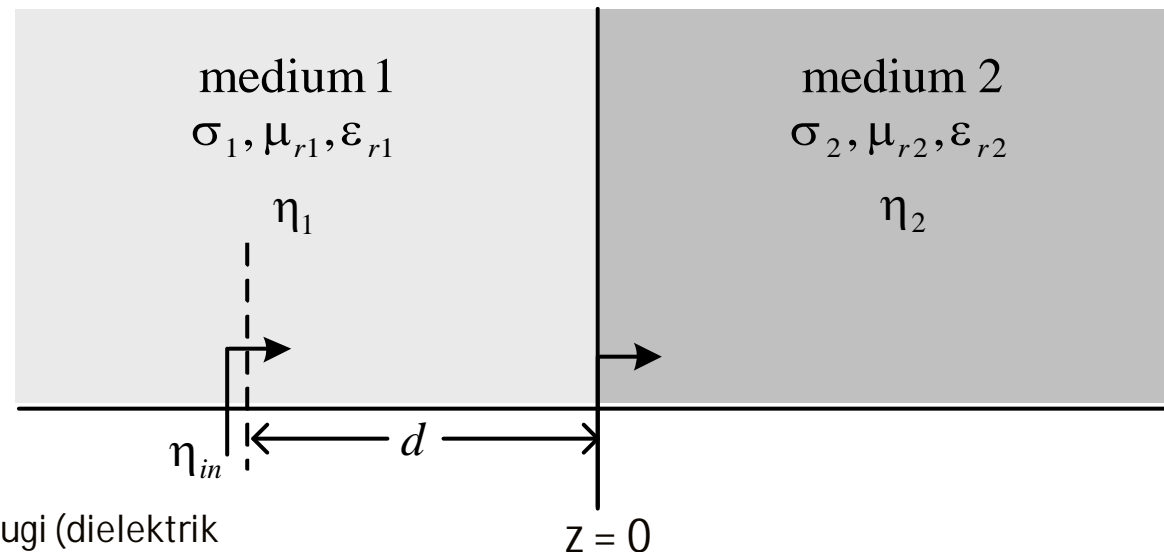
merambat ke sumbu z negatif



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)

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

$$\bar{\Gamma}_0 = \frac{E_{xs1}^-}{E_{xs1}^+} = \frac{E_{x01}^-}{E_{x01}^+} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

" Koefisien Pantul "

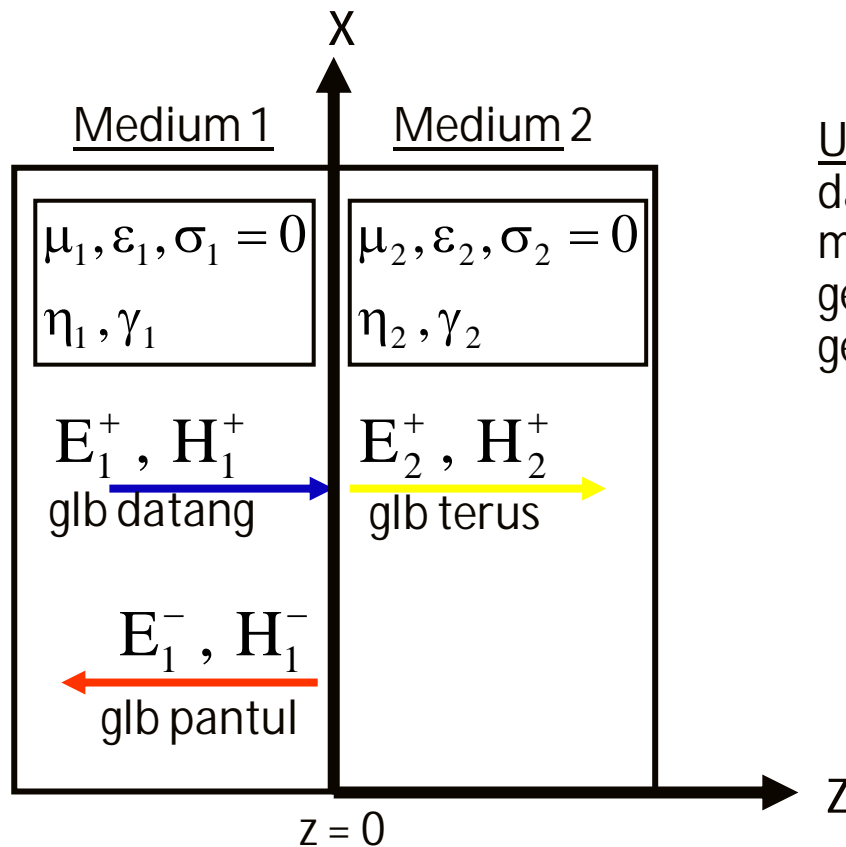
$$\bar{T}_0 = \frac{E_{xs2}^+}{E_{xs1}^+} = \frac{E_{x02}^+}{E_{x01}^+} = \frac{2\eta_2}{\eta_2 + \eta_1}$$

" Koefisien Transmisi "

GELOMBANG JATUH NORMAL



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



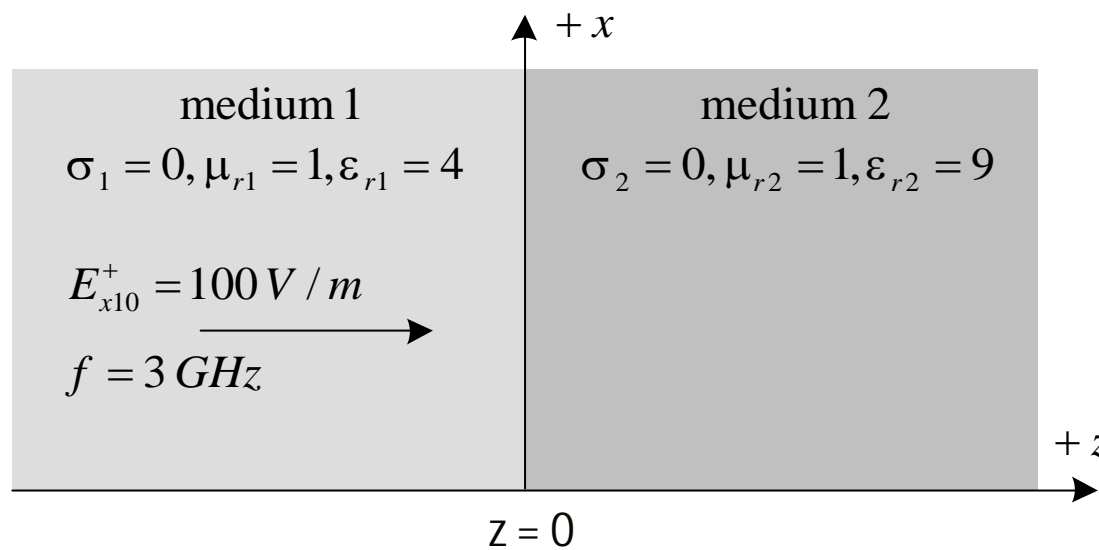
Untuk kasus : daerah 1 dielektrik sempurna, dan daerah 2 dielektrik sempurna, akan memberikan kondisi yang lebih umum. Ada gelombang yang dipantulkan dan ada gelombang yang diteruskan.

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^+
glb datang

E_1^-, H_1^-
glb 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

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

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

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

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

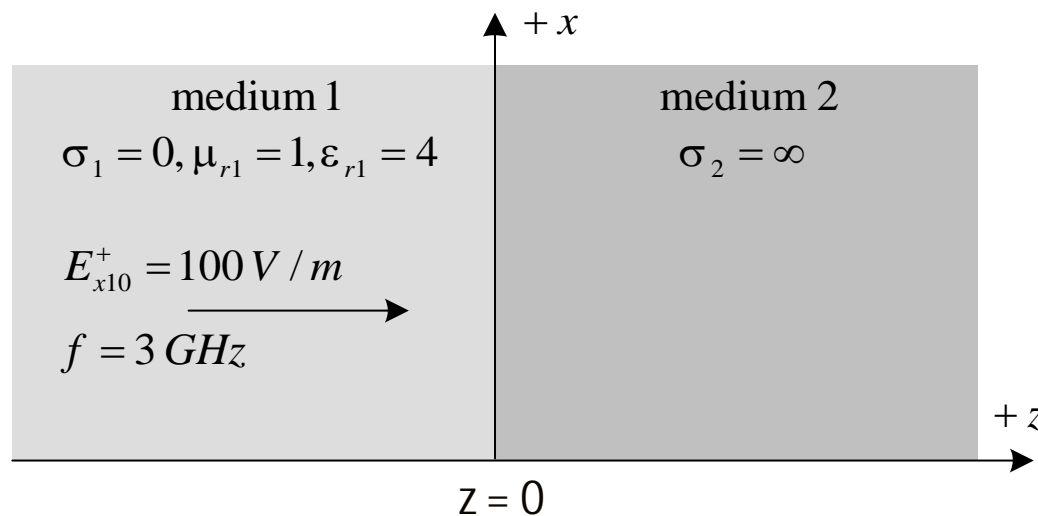
Gelombang berdiri murni !!

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.



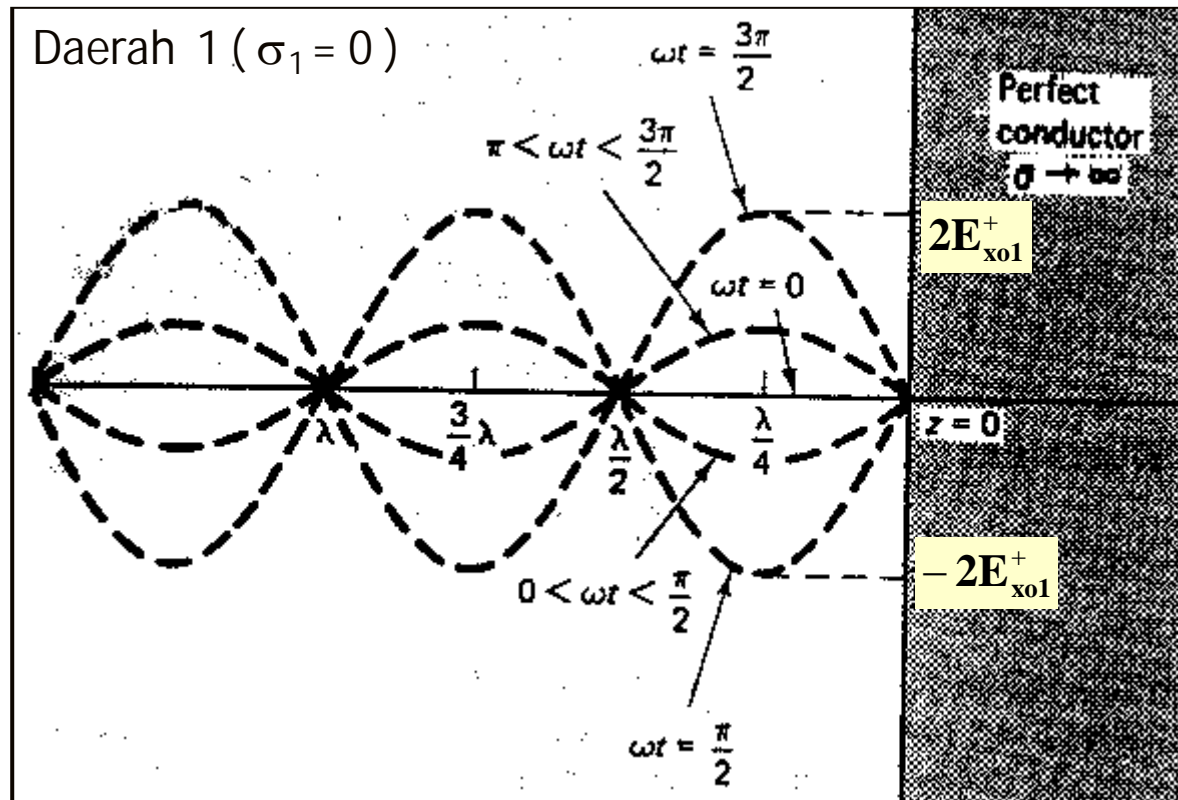
Hitunglah :

- 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



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

- Pada tiap waktu,

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

Menyebabkan medan $E = 0$ di semua 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

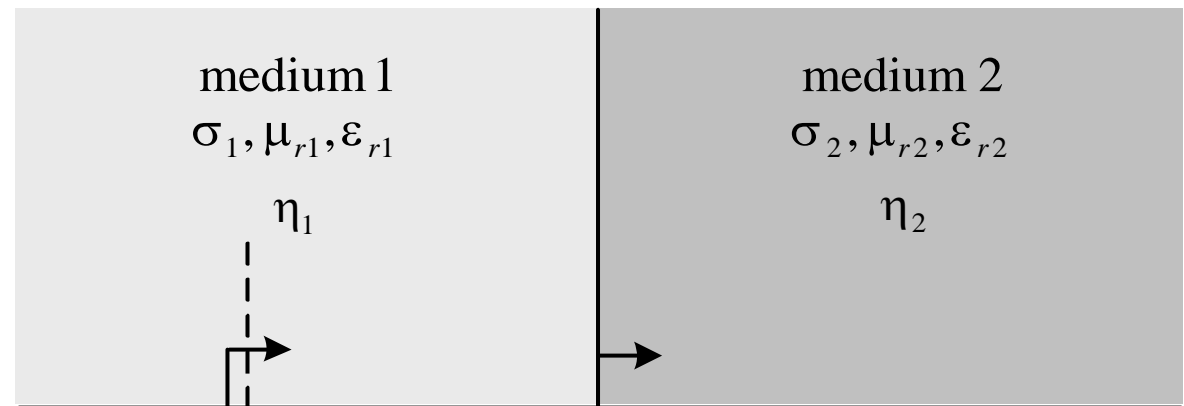


Standing Wave Ratio (SWR)

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 merugi (dielektrik merugi, konduktor)

$$SWR_d = SWR_0$$

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

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

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

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

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

$$z = 0$$

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

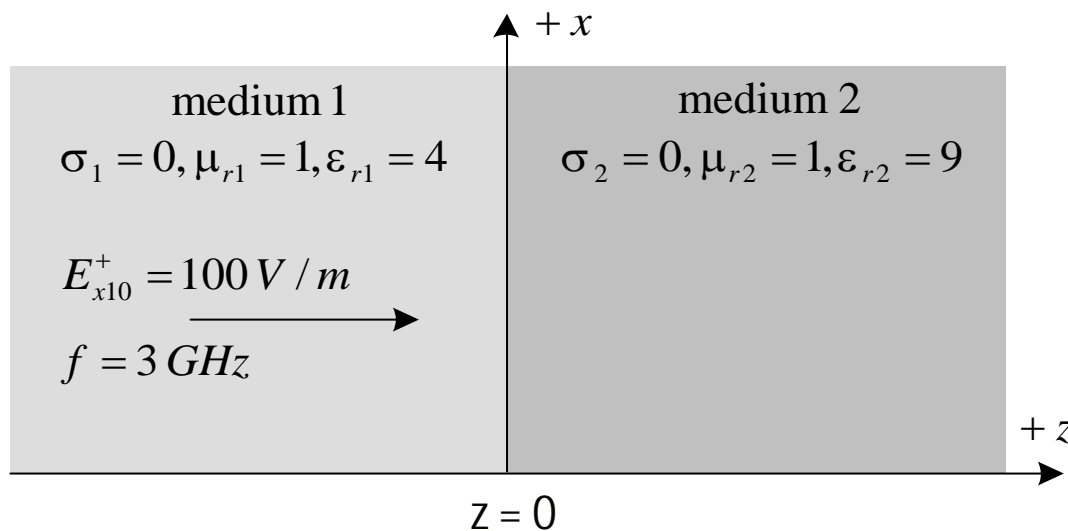
$$\bar{\Gamma}_0 = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1}$$

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 :

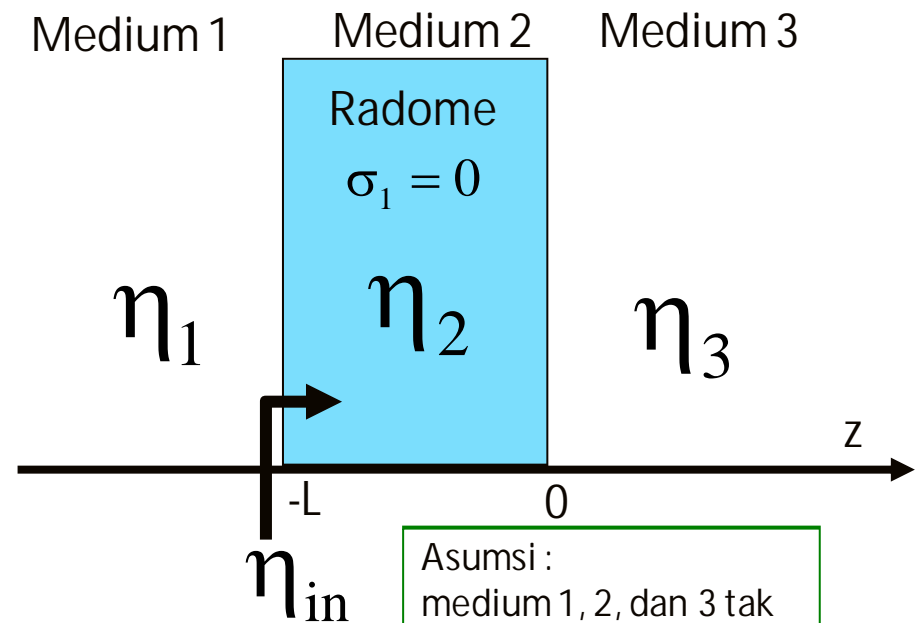
- SWR pada $Z = 0$
- SWR pada $Z = 0,5 \text{ m}$

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).



Asumsi :
medium 1, 2, dan 3 tak meredam

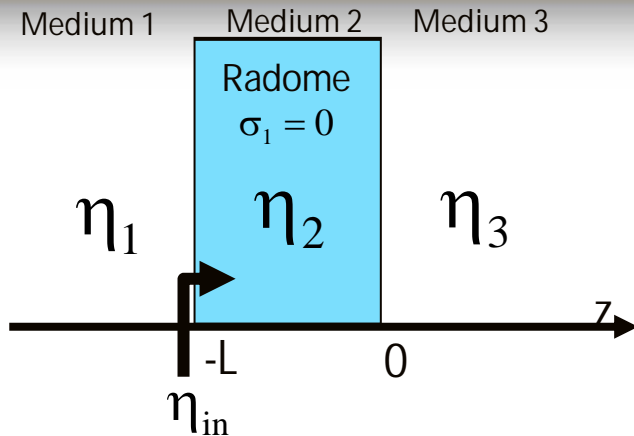
Syarat matching :

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

Pada daerah antena (daerah 1) tidak terdapat pantulan gelombang

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

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 :

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



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

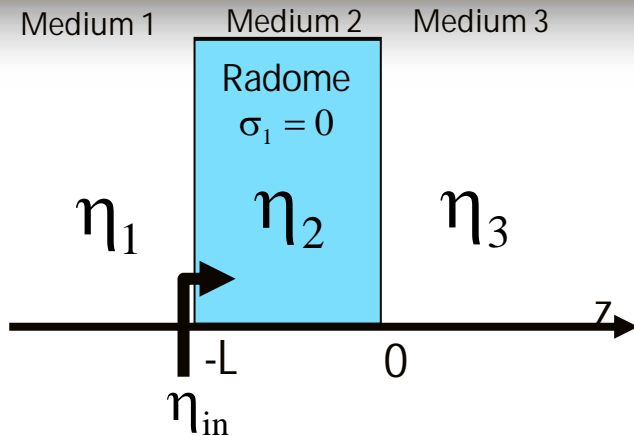
Kesimpulan

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

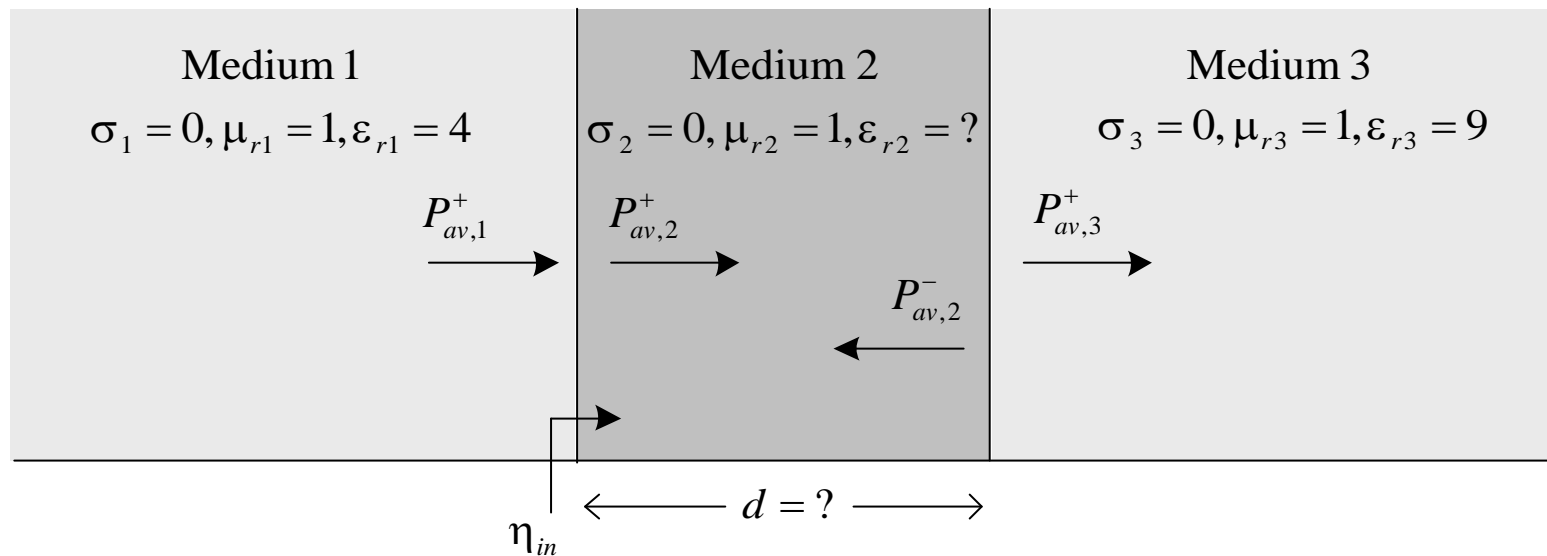
$$d = 1\frac{\lambda_2}{4}, 3\frac{\lambda_2}{4}, 5\frac{\lambda_2}{4}, \dots$$

GELOMBANG JATUH NORMAL



Contoh

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



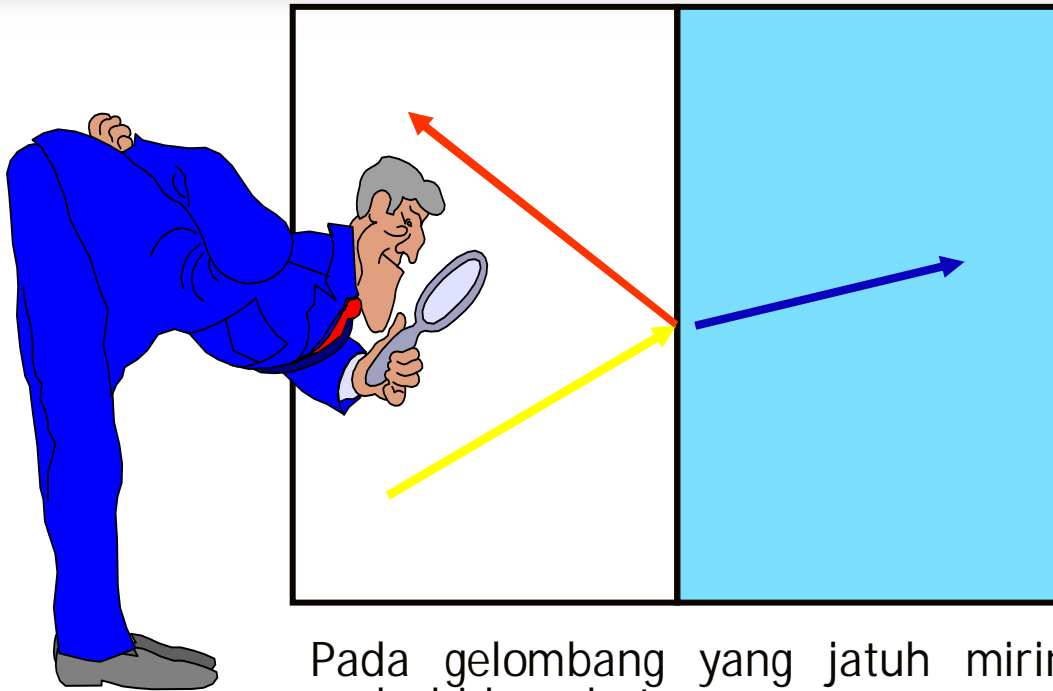
Tentukan :

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.

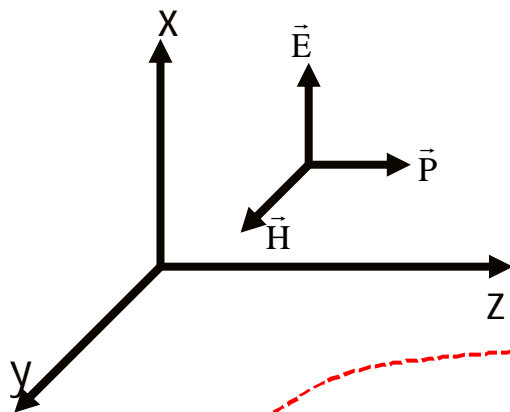
Contoh

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

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



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

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

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

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

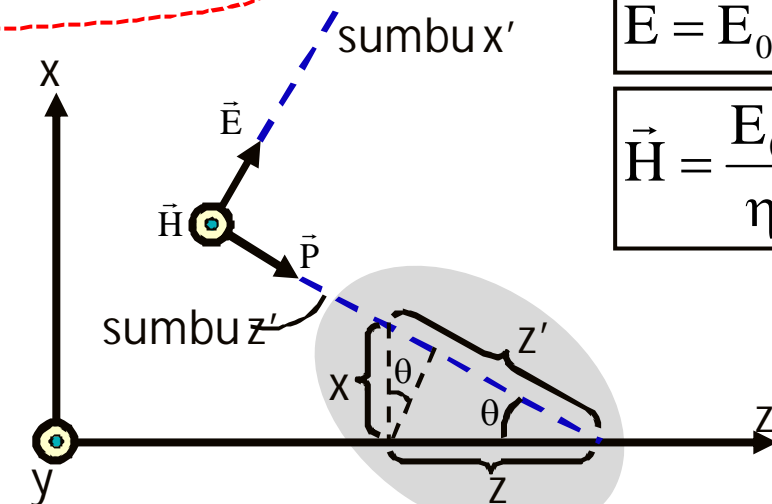
Sedangkan, dapat dituliskan juga ...

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

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

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

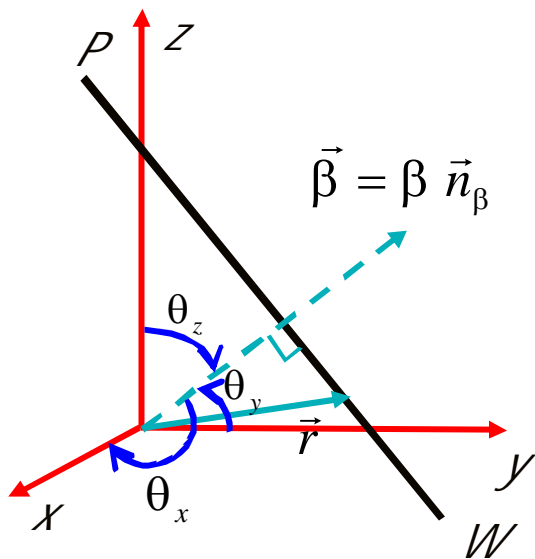
$$\vec{H} = \frac{E_0}{\eta} e^{-j\beta[x \sin \theta + z \cos \theta]} \hat{a}_y$$



GELOMBANG JATUH MIRING



$$\vec{E}(z) = E_{x0} e^{-j\beta z} \vec{a}_x \quad \longrightarrow \quad \vec{E}(z) = \vec{E}_m e^{-j\vec{\beta} \cdot \vec{r}}$$



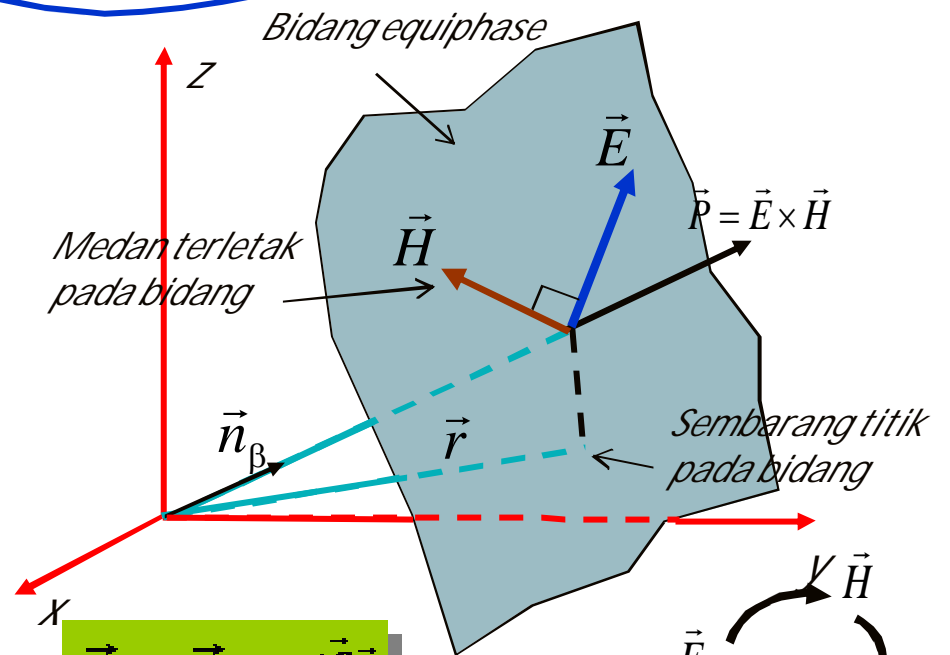
$$\vec{\beta} = \beta \vec{n}_\beta$$

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

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

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

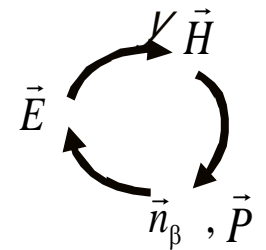
$$= \beta (\cos\theta_x x + \cos\theta_y y + \cos\theta_z z)$$



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

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

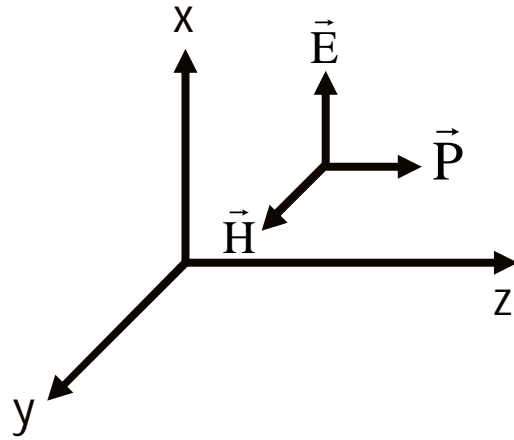
$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$



GELOMBANG JATUH MIRING



Contoh



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



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

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

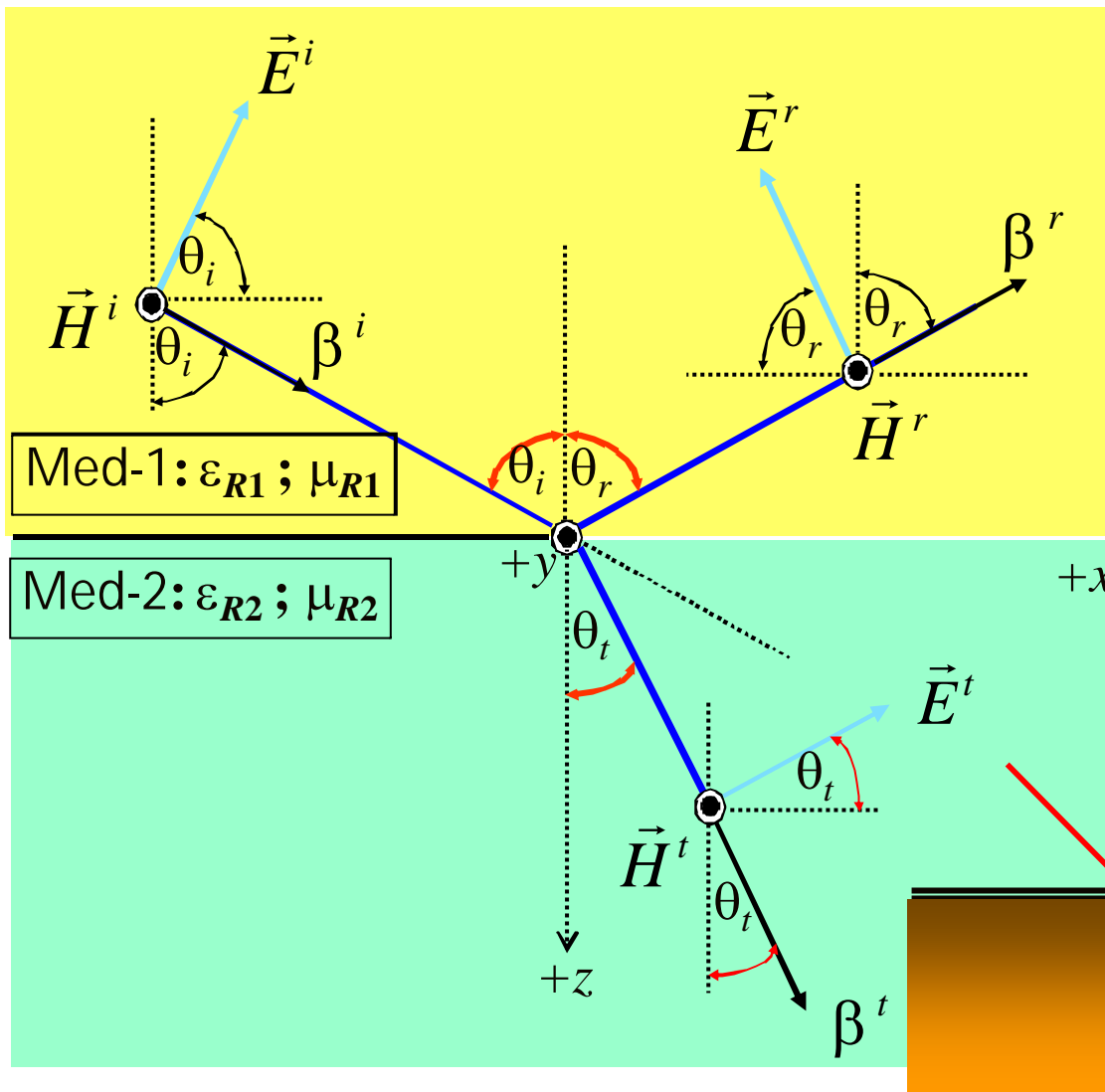
$$\left. \begin{aligned} \vec{\beta} &= \beta_z \vec{a}_z \\ \vec{\beta} &= (\beta \cos \theta_z) \vec{a}_z \\ \vec{r} &= x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z \\ \vec{\beta} \cdot \vec{r} &= (\beta \cos \theta_z)z = \beta z \end{aligned} \right\}$$

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

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

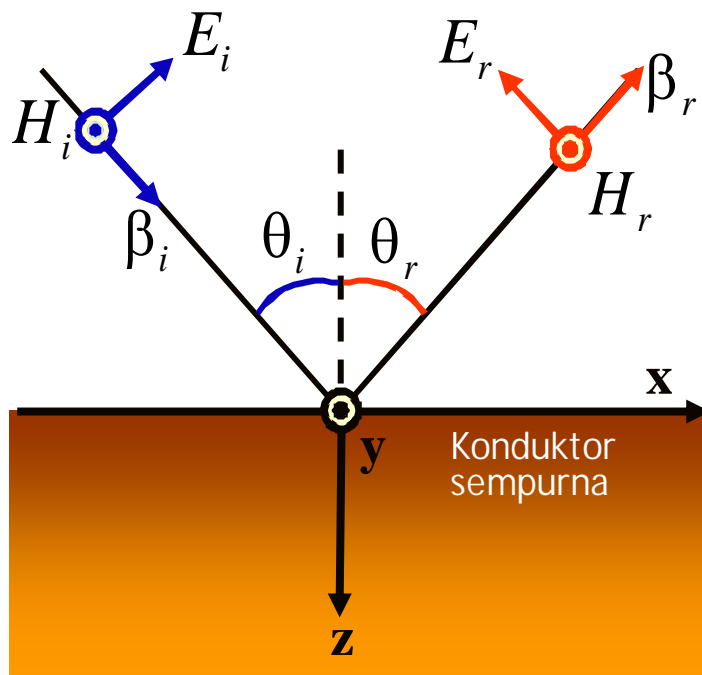


Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 1 : *Medium pemantul konduktor sempurna*

Pada medium pemantul adalah konduktor sempurna, gelombang akan dipantulkan seluruhnya

Free space



" Hukum Snellius untuk pantulan "

$$\theta_i = \theta_r$$

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

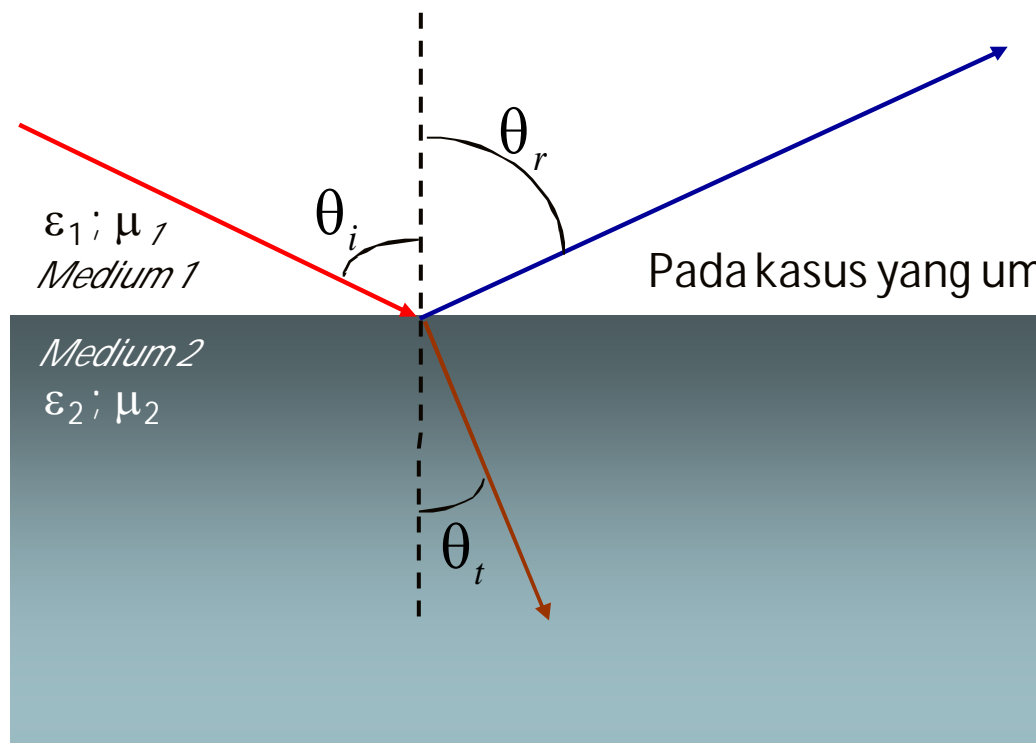


Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2: *Medium pemantul Dielektrik*

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

"Hukum Snellius untuk pembiasan"



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

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

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

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



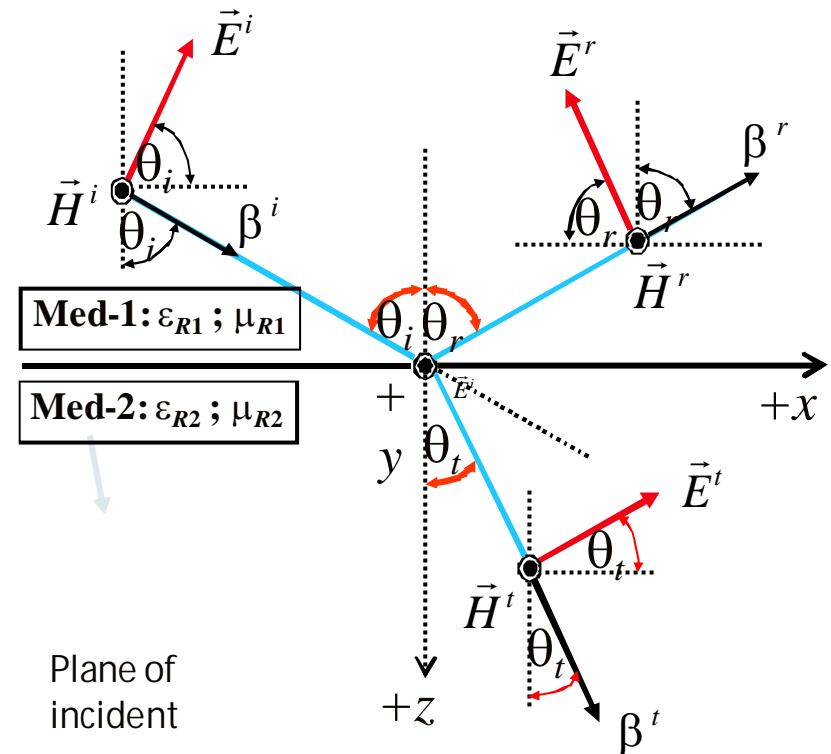
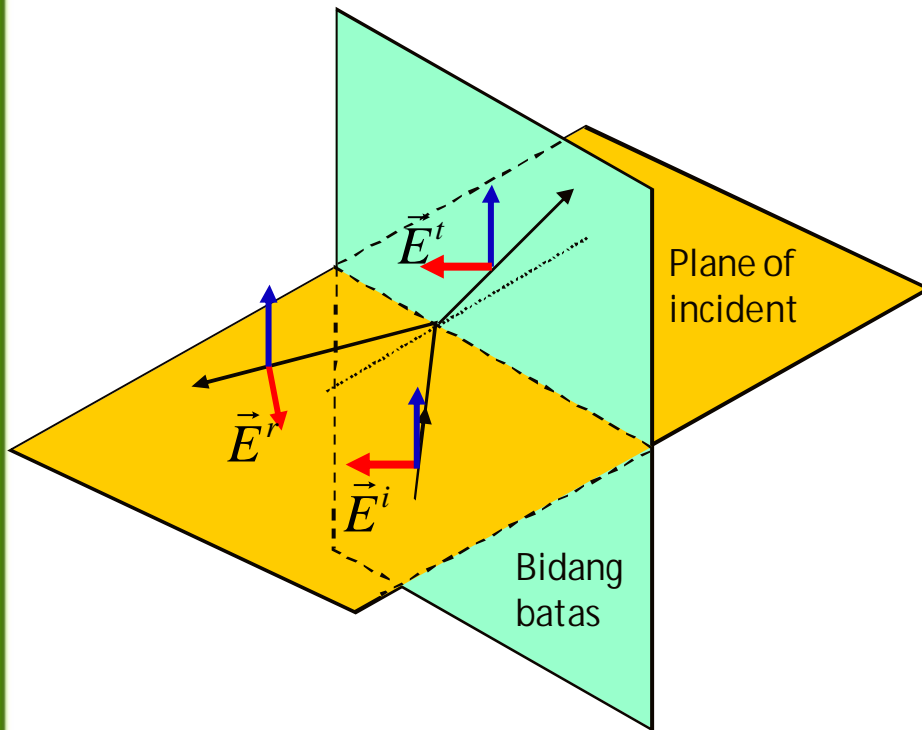
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

POLARISASI PARALLEL / VERTICAL

Medan listrik paralel thd plane of incident



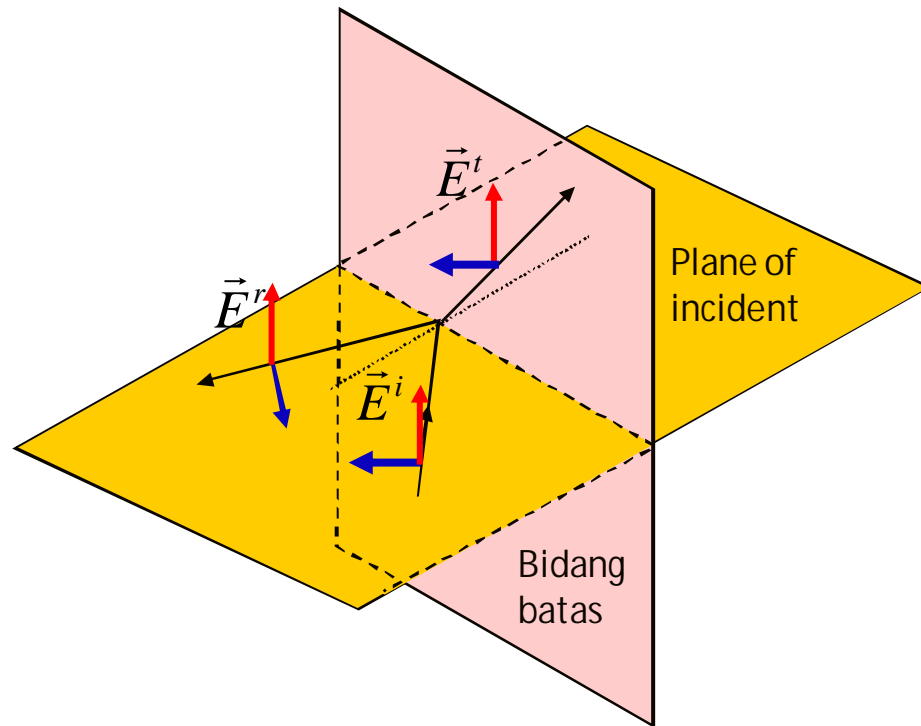
GELOMBANG JATUH MIRING



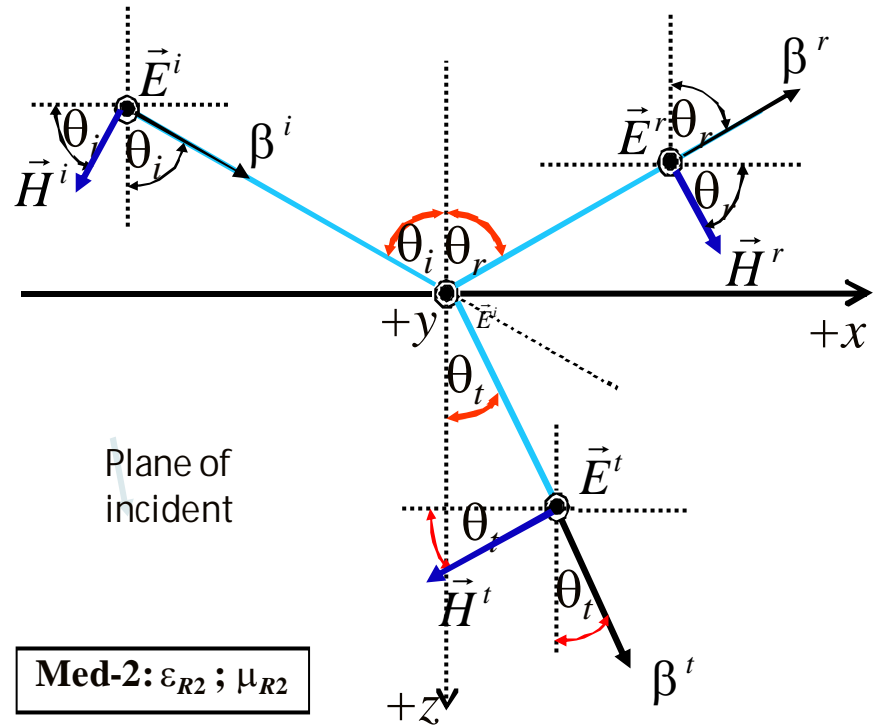
Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

POLARISASI TEGAK LURUS/ HORIZONTAL

Medan listrik tegak lurus thd plane of incident



Med-1: $\epsilon_{R1} ; \mu_{R1}$



Med-2: $\epsilon_{R2} ; \mu_{R2}$

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 Horisontal

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

$$\bar{T}_v = \frac{2\eta_2 \cos \theta_i}{\eta_1 \cos \theta_i + \eta_2 \cos \theta_t} \quad \mu_1 = \mu_2 = \mu_0 \quad \bar{T}_v = \frac{2 \cos \theta_i}{\sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \cos \theta_i + \cos \theta_t}$$

2) Polarisasi Horizontal / polarisasi tegak lurus

$$\bar{T}_h = \frac{2\eta_2 \cos \theta_i}{\eta_2 \cos \theta_i + \eta_1 \cos \theta_t} \quad \mu_1 = \mu_2 = \mu_0 \quad \bar{T}_h = \frac{2 \cos \theta_i}{\cos \theta_i + \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \cos \theta_t}$$

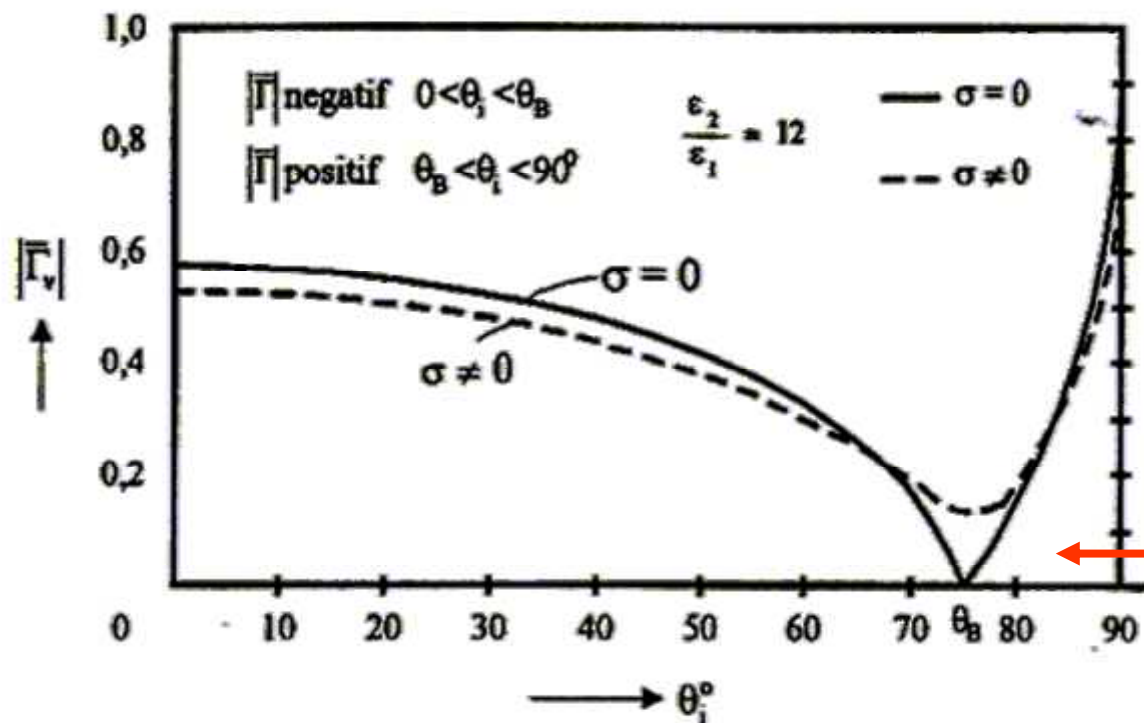
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2: *Medium pemantul Dielektrik*

Sudut Brewster....



Sudut Brewster

- Sudut datang ketika koefisien pantul minimum !!
- Fasa akan berubah tanda setelah sudut Brewster

Sudut Brewster, θ_B :

$$\sin^2 \theta_B = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$$

Atau, lihat penurunannya pada buku Iskander hal 456 !!



$$\tan \theta_B = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$$

GELOMBANG JATUH MIRING



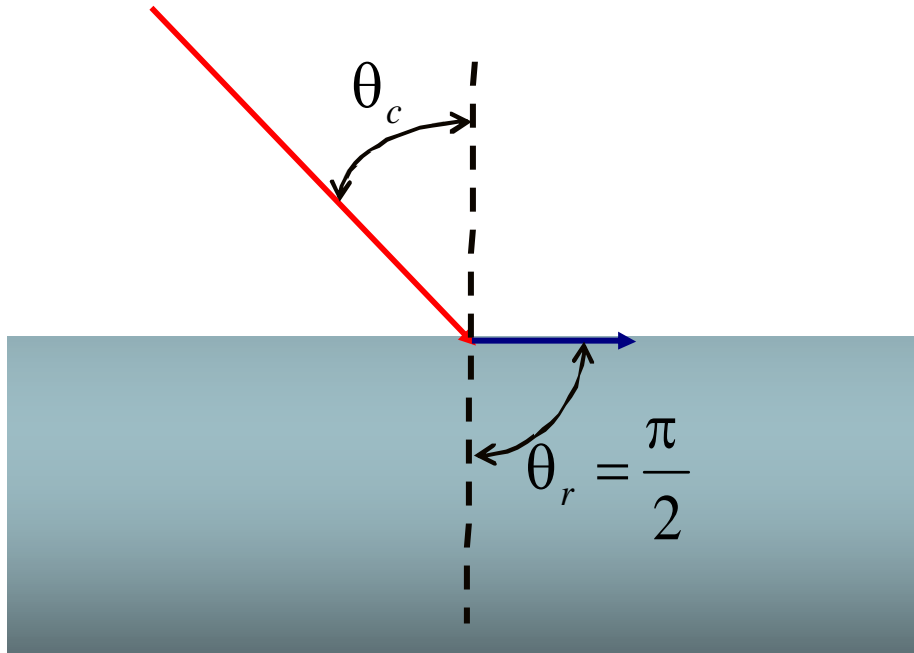
Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

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 :



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

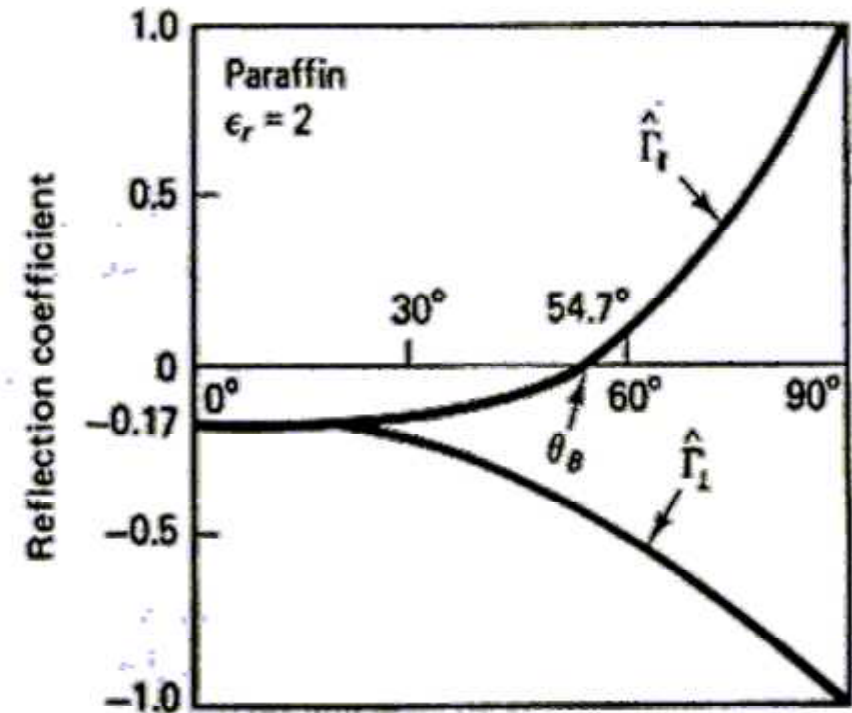
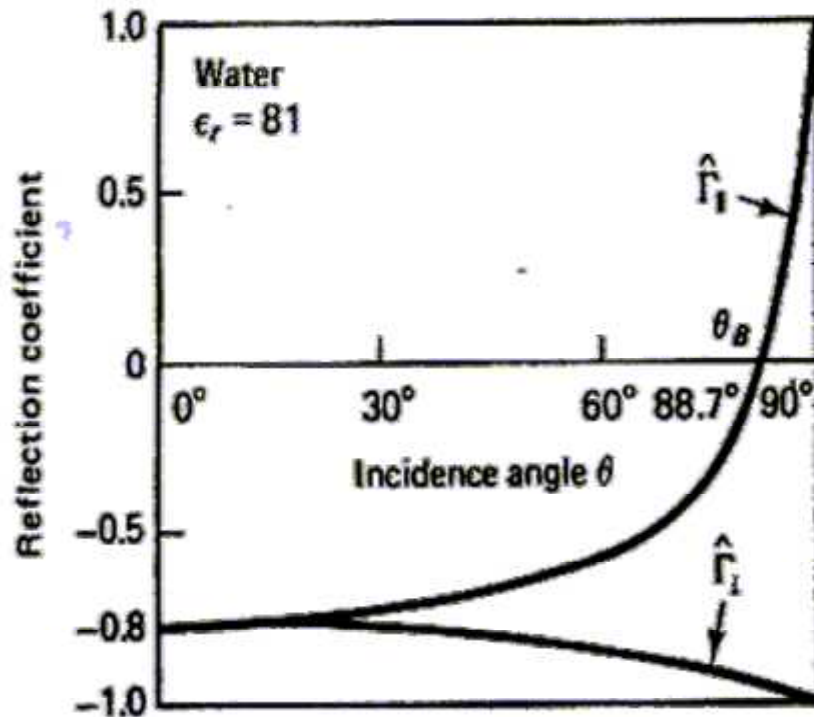
GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium

Kasus 2 : *Medium pemantul Dielektrik*

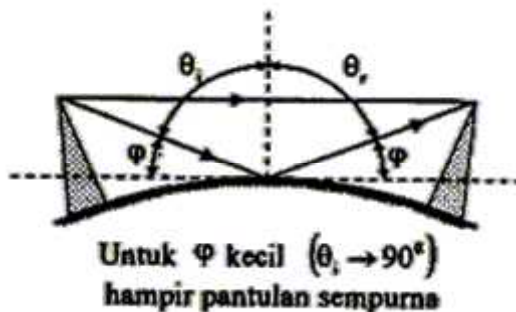
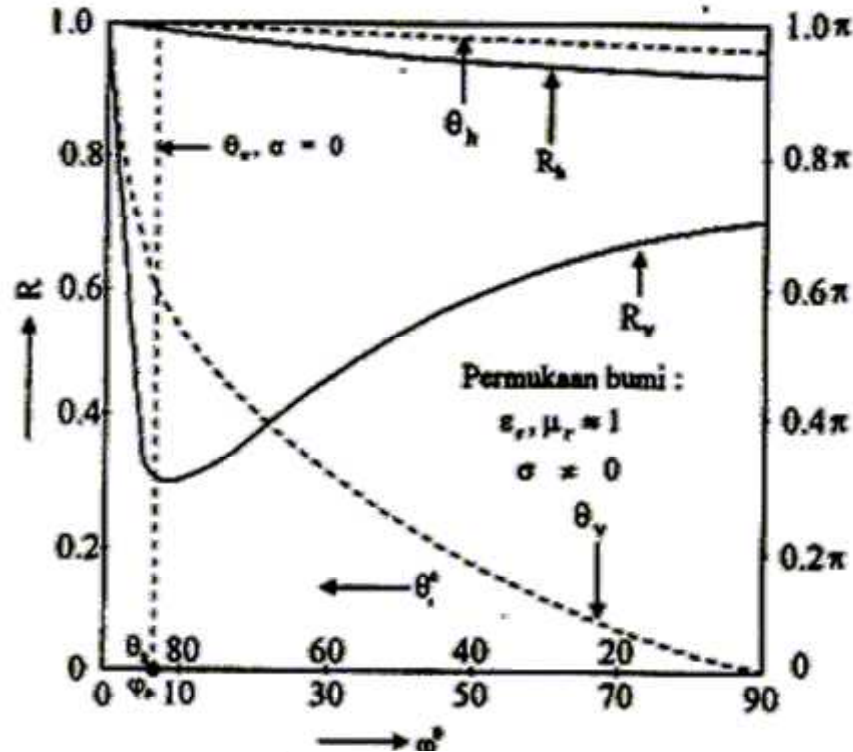
Koefisien pantul sebagai fungsi sudut jatuh untuk gelombang berpolarisasi horisontal dan vertikal dari udara ke air dan ke parafin, σ dianggap = 0



GELOMBANG JATUH MIRING



Perambatan Gel. Melewati Batas Antar Medium



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,

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

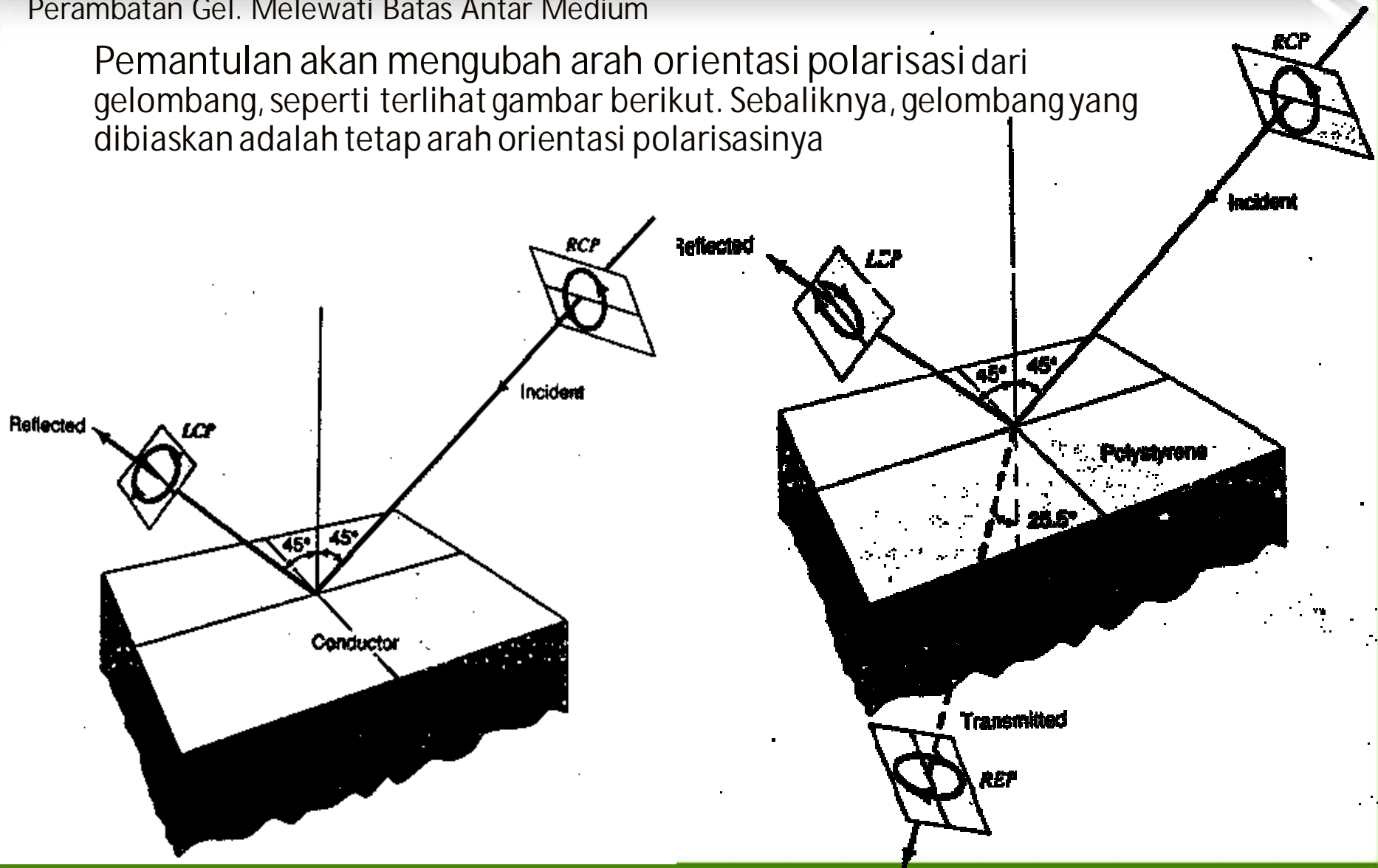
Dalam praktek $R \sim 0,96 - 0,98$ berlaku untuk hubungan terrestrial, karena umumnya φ lebih kecil dari 1° .

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

