

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Transmisi Gelombang Ultrasonik Antara Medium Udara Dengan Air/Jaringan Lunak

Dari gambar 2.1. bahwa :

Medium 1 adalah $Z_{\text{udara}} = \rho_{\text{udara}} v_1 = 1,25 \text{ kg/m}^2 \times 340 \text{ m/s} = 425 \text{ kg/m}^2\text{s}$

$v_1 =$ kecepatan gelombang ultrasonik diudara = 340 m/s

$\rho_{\text{udara}} =$ massa jenis udara = 1,25 kg/m²

Medium 2 adalah $Z_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} v_2 = 1 \text{ kg/m}^3 \times 1480 \text{ m/s} = 1480 \text{ kg/m}^2\text{s}$

$v_2 =$ kececepatan gelombang ultrasonik air = 1480 m/s

$\rho_{\text{air}} =$ massa jenis air = 1 kg/m³

Dimana $Z_{\text{jaringan lunak}}$ dengan $Z_{\text{air}} \approx$ (sebanding)

(Sumber : Ackerman, 1988)

Dari persamaan 2.2 besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang datang melalui medium 1 (udara) adalah :

$$I = \frac{1}{2} Z_{\text{udara}} A^2 \omega^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Dimana } A = \frac{c}{2\pi f} \quad ; \text{ Amplitudo akustik} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Jika frekuensi gelombang ultrasonik dari transduser yang digunakan adalah :
40 kHz, 50kHz, dan 60 kHz.

- Untuk $F = 40 \text{ kHz} = 40.000 \text{ Hz}$
- $A_{40} = \frac{340}{2(3,14)(40.000)} = \frac{340}{251200} = 135 \times 10^{-5} \text{ m}$
- $I_{40} = \frac{1}{2} (425) (1823 \times 10^{-10}) (6,310 \times 10^{10}) = 2,448 \times 10^7 \text{ w/m}^2$
 $= 2,448 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$

- Untuk $F = 50 \text{ kHz} = 50.000 \text{ Hz}$
- $A_{50} = \frac{340}{2(3,14)(50.000)} = \frac{340}{314000} = 108 \times 10^{-5} \text{ m}$
- $I_{50} = \frac{1}{2} (425) (1166 \times 10^{-10}) (9,8596 \times 10^{10}) = 2,443 \times 10^7 \text{ w/m}^2$
 $= 2,443 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 \dots\dots\dots (4)$
- Untuk $F = 60 \text{ kHz} = 60.000 \text{ Hz}$
- $A_{60} = \frac{340}{2(3,14)(60.000)} = \frac{340}{376800} = 0,00902 \text{ m}$
- $I_{60} = \frac{1}{2} (425) (0,00000813) (14,978 \times 10^{10}) = 2,436 \times 10^7 \text{ w/m}^2$
 $= 2,436 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 \dots\dots\dots (5)$

Pancaran gelombang ultrasonik yang datang tegak lurus pada bidang batas dapat menghasilkan gema (refleksi) dengan jumlah pancaran gelombang ultrasonik pada amplitudo A_o yang datang adalah 100 %, maka :

$$\frac{R}{A_o} = \frac{Z_{jaringan} - Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}}$$

$$\frac{R}{100\%} = \frac{Z_{jaringan} - Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}}$$

Jadi :

$$R = \frac{Z_{jaringan} - Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}} \times 100\%$$

$$R = \frac{1450 - 430}{1450 + 430} \times 100\%$$

$$R = \frac{1050}{1910} \times 100\% = 54,97\%$$

Atau

$$R = \frac{54,97}{100} = 0,5497 \dots\dots\dots (6)$$

Banyak pancaran gelombang ultrasonik yang ditransmisikan setelah melewati bidang batas dengan jumlah pancaran gelombang ultrasonik pada amplitudo A_o yang datang adalah 100 %, maka adalah :

$$\frac{T}{A_o} = \frac{2Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}}$$

$$\frac{T}{100\%} = \frac{2Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}}$$

$$T = \frac{2Z_{udara}}{Z_{jaringan} + Z_{udara}} \times 100\%$$

Jadi ;
$$T = \frac{2(430)}{1480 + 430} \times 100\% = 45,03\%$$

Atau
$$T = \frac{45,02}{100} = 0,4503 \dots\dots\dots (7)$$

Berarti ; $R + T = 54,97 \% + 45,03 \% = 100\%$,

Besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang dipantulkan (I_r) dan ditransmisikan (I_t) adalah :

Untuk frekuensi = 40 kHz

$$I_r (40) = 0,5497 \times 2,448 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,346 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

$$I_t (40) = 0,4503 \times 2,448 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,102 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

Untuk frekuensi = 50 kHz

$$I_r (50) = 0,5497 \times 2,443 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,343 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

$$I_t (50) = 0,4503 \times 2,443 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,100 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

Untuk frekuensi = 60 kHz

$$I_r (60) = 0,5497 \times 2,436 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,339 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

$$I_t (60) = 0,4503 \times 2,436 \times 10^3 \text{ w/cm}^2 = 1,097 \times 10^3 \text{ w/cm}^2$$

Jadi ; $I_i = I_r + I_t \dots\dots\dots (8)$

Dari persamaan 2.8 dapat diungkap bahwa besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang menetap pada medium 2/jaringan adalah :

$$I_t = I_i e^{-2\alpha x} \dots\dots\dots (9)$$

Sehingga nilai paruh ketebalan jaringan transmisi gelombang ultrasonik menjadi :

$$X = \frac{\ln \frac{I_t}{I_i}}{-2\alpha} \dots\dots\dots (10)$$

Jadi :

Untuk frekuensi = 40 kHz

$$X_{(40)} = \frac{\ln \frac{1,102}{2,448}}{-2(2,5 \times 10^{-4})} = \frac{\ln 0,45016}{-0,005} = \frac{-0,7981}{-0,005} = 159,63 \text{ cm}$$

Untuk frekuensi = 50 kHz

$$X_{(50)} = \frac{\ln \frac{1,100}{2,443}}{-2(2,5 \times 10^{-4})} = \frac{\ln 0,45026}{-0,005} = \frac{-0,7978}{-0,005} = 159,58 \text{ cm}$$

Untuk frekuensi = 60 kHz

$$X_{(60)} = \frac{\ln \frac{1,097}{2,436}}{-2(2,5 \times 10^{-4})} = \frac{\ln 0,45033}{-0,005} = \frac{-0,7977}{-0,005} = 159,55 \text{ cm}$$

Dengan $\alpha = 2,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ = koefisien absorpsi jaringan lunak (Cameron, 1978).

Nilai paruh ketebalan (half – value thickness) jaringan adalah ketebalan jaringan yang diperlukan untuk menurunkan intensitas mula-mula (I_i) menjadi $\frac{1}{2}$.