

ANALISIS MODE *TRANSVERSE ELECTRIC* GELOMBANG MIKRO PADA PENAMPANG MELINTANG PANDU GELOMBANG

Dyah Kurniawati Agustika dan Agus Purwanto

Laboratorium Getaran dan Gelombang, Jurdik Fisika, FMIPA, UNY

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mode *transverse electric* pada penampang melintang pandu gelombang yang berbentuk persegi dengan menggunakan osilator Gunn sebagai sumber gelombang dan *probe E-field* untuk mendeteksi medan listrik gelombang mikro. Polarisator digunakan sebagai alat untuk mereduksi intensitas medan yang besar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur panjang gelombang mikro di dalam pandu gelombang dan menghubungkannya dengan pola mode TE yang terbentuk, serta menentukan koefisien refleksi amplitudo dari reflektor.

Mode TE yang dianalisis pada penelitian ini adalah mode TE yang terbentuk pada penampang melintang pandu gelombang berbentuk persegi berdimensi 9,3 cm × 5,6 cm, pandu berbahan aluminium dengan ketebalan 2 mm, ukuran panjang 30 cm. Untuk menampilkan data mode TE digunakan metode *Krigging* pada program *Surfer*. Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan mode TE yang didapat dari metode *meshgrid* yang menggunakan persamaan magnitudo medan listrik pada program *Matlab 7.2*. Sedangkan untuk memperoleh panjang gelombang dan koefisien refleksi dari grafik gelombang berdiri akan dilakukan *curve fitting* pada masing-masing bagian grafik dengan menggunakan program *Matlab 7.2*.

Dari hasil penelitian, mode TE yang terbentuk adalah mode TE₂₁. Panjang gelombang di dalam pandu gelombang diperoleh sebesar (34,4 ± 0,6) mm.

Kata kunci: mode *transverse electric*, gelombang mikro, panjang gelombang dan koefisien refleksi.

PENDAHULUAN

Dalam dunia komunikasi salah satu metode mentransmisikan gelombang mikro adalah dengan menggunakan pandu gelombang (*waveguide*). Pandu gelombang berfungsi sebagai jalur transmisi untuk memandu sinyal berfrekuensi tinggi dari satu titik ke titik lainnya. Selain itu pandu gelombang juga berfungsi untuk menghalangi radiasi keluar ke

lingkungan. Setiap penyelesaian dari persamaan gelombang yang diperbolehkan disebut mode dari pandu gelombang. Pandu gelombang dengan luas penampang melintang tertentu memiliki mode yang tertentu pula.

Panjang gelombang di dalam pandu gelombang tergantung pada modenya. Panjang gelombang di dalam pandu gelombang dapat diukur dengan cara mensuperposisikan gelombang yang masuk ke dalam pandu gelombang sehingga terbentuk gelombang berdiri.

KAJIAN PUSTAKA

Pada kondisi tertentu, radiasi gelombang elektromagnet dapat menjalar di dalam pipa logam kosong. Untuk mempermudah analisis keadaan medan di dalam pandu gelombang, seluruh permukaan batas pandu gelombang dianggap sebagai konduktor sempurna sehingga $\sigma \neq 0$, dan $\rho_f = 0$. Untuk medan listrik yang memiliki sudut fase θ , maka komponen medan listrik di dalam konduktor memiliki bentuk umum

$$E_t = E_{0t} e^{-z/\delta} e^{i(\alpha z - \omega t + \theta)} \quad (1)$$

dimana δ adalah *skin depth* dan besarnya $\delta = \frac{1}{\beta}$ (Wangsness, 1986:430). E_t adalah medan listrik yang sejajar dengan permukaan konduktor dan pada permukaan, E_t akan menjadi komponen tangensial. Untuk konduktor yang baik $\delta \rightarrow 0$ karena $\sigma \rightarrow \infty$. Oleh karena itu $E_t \rightarrow 0$ yang berarti \mathbf{E} tidak memiliki komponen tangensial pada permukaan konduktor sempurna sehingga \mathbf{E} haruslah normal terhadap permukaan. Untuk \mathbf{B} di dalam konduktor, \mathbf{B} tidak memiliki komponen normal, dan \mathbf{B} hanya memiliki komponen tangensial terhadap permukaan. Seluruh komponen \mathbf{D} dan \mathbf{H} di dalam konduktor akan menjadi nol ketika $\sigma \rightarrow \infty$, sehingga persamaan umum untuk kondisi batas dapat disederhanakan. Apabila medium 1 adalah konduktor dan medium 2 adalah daerah yang berbatasan dengan konduktor, $\mathbf{D}_1, \mathbf{E}_1, \mathbf{B}_1$ dan \mathbf{H}_1 bernilai nol dan jika indeks bawah 2 dihilangkan, kondisi batasnya menjadi

$$\hat{\mathbf{n}} \cdot \mathbf{D} = \sigma_f \quad \hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{E} = 0 \quad \hat{\mathbf{n}} \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{H} = \mathbf{K}_f \quad (2)$$

dengan $\hat{\mathbf{n}}$ adalah vektor normal satuan yang berasal dari permukaan konduktor menuju keluar. Persamaan (2) adalah kondisi batas yang diperlukan sebagai syarat penyelesaian persamaan gelombang yang menjalar di dalam pandu gelombang (Wangsness, 1986:431).

Untuk pandu gelombang yang panjangnya tak berhingga pada arah sumbu z dan memiliki penampang melintang tertentu yang konstan pada bidang xy , dinding batas dianggap konduktor sempurna yang di dalamnya diisi dengan medium nonkonduktor, maka komponen medan listrik maupun medan magnet yang menjalar di dalam pandu gelombang memenuhi persamaan

$$\nabla^2 \psi - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0, \quad (3)$$

dengan $v^2 = 1/\mu\epsilon$ dan v adalah kecepatan penjalaran gelombang bidang di dalam medium. Solusi persamaan (3) adalah

$$\psi(x, y, z, t) = \psi_0(x, y)e^{i(k_g z - \omega t)}. \quad (4)$$

k_g adalah konstanta penjalaran pandu dan dapat ditulis sebagai

$$k_g = \frac{2\pi}{\lambda_g} \quad (5)$$

dimana λ_g adalah panjang gelombang di dalam pandu. Jika persamaan (4) disubstitusikan ke persamaan (3) maka persamaannya menjadi

$$\frac{\partial^2 \psi_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_0}{\partial y^2} + k_c^2 \psi_0 = 0 \quad (6)$$

dimana

$$k_c^2 = k_0^2 - k_g^2 \quad (7)$$

$$k_0 = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda_0}. \quad (8)$$

k_0 merupakan konstanta penjalaran dan λ_0 adalah panjang gelombang di ruang hampa. k_c dapat juga ditulis dalam bentuk

$$k_c = \frac{2\pi}{\lambda_c}. \quad (9)$$

Persamaan (7) dapat ditulis dalam bentuk

$$\frac{1}{\lambda_c^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_g^2} \tag{10}$$

Untuk analisis medan di dalam pandu gelombang, dianggap tidak ada muatan bebas atau arus di dalam pandu. Maka

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{E} &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{H} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \end{aligned} \tag{11}$$

dan solusi dari persamaan medannya adalah

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= \mathbf{E}_0(x, y) e^{i(k_g z - \omega t)} \\ \mathbf{H} &= \mathbf{H}_0(x, y) e^{i(k_g z - \omega t)} \end{aligned} \tag{12}$$

\mathbf{E}_0 memiliki bentuk umum :

$$\mathbf{E}_0(x, y) = E_{0x}(x, y)\hat{\mathbf{x}} + E_{0y}(x, y)\hat{\mathbf{y}} + E_{0z}(x, y)\hat{\mathbf{z}} \tag{13}$$

Substitusi persamaan (13) ke persamaan (12) menghasilkan delapan persamaan skalar

$$\frac{\partial E_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial E_{0y}}{\partial y} + ik_g E_{0z} = 0 \tag{14}$$

$$\frac{\partial H_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial H_{0y}}{\partial y} + ik_g H_{0z} = 0 \tag{15}$$

$$\frac{\partial E_{0z}}{\partial y} - ik_g E_{0y} = i\omega\mu H_{0x} \tag{16}$$

$$ik_g E_{0x} - \frac{\partial E_{0z}}{\partial x} = i\omega\mu H_{0y} \tag{17}$$

$$\frac{\partial E_{0y}}{\partial x} - \frac{\partial E_{0x}}{\partial y} = i\omega\mu H_{0z} \tag{18}$$

$$\frac{\partial H_{0z}}{\partial y} - ik_g H_{0y} = -i\omega\varepsilon E_{0x} \tag{19}$$

$$ik_g H_{0x} - \frac{\partial H_{0z}}{\partial x} = -i\omega\varepsilon E_{0y} \tag{20}$$

$$\frac{\partial H_{0y}}{\partial x} - \frac{\partial H_{0x}}{\partial y} = -i\omega\varepsilon E_{0z} \tag{21}$$

dan didapatkan

$$E_{0x} = \frac{i}{k_c^2} \left(k_g \frac{\partial E_{0z}}{\partial x} + \omega\mu \frac{\partial H_{0z}}{\partial y} \right) \tag{22} \quad E_{0y} = \frac{i}{k_c^2} \left(k_g \frac{\partial E_{0z}}{\partial y} - \omega\mu \frac{\partial H_{0z}}{\partial x} \right) \tag{23}$$

$$H_{0x} = \frac{i}{k_c^2} \left(-\omega\varepsilon \frac{\partial E_{0z}}{\partial y} + k_g \frac{\partial H_{0z}}{\partial x} \right) \tag{24} \quad H_{0y} = \frac{i}{k_c^2} \left(\omega\varepsilon \frac{\partial E_{0z}}{\partial x} + k_g \frac{\partial H_{0z}}{\partial y} \right) \tag{25}$$

Jika persamaan (22) dan (23) disubstitusikan ke persamaan (14) maka diperoleh

$$\frac{\partial^2 E_{0z}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{0z}}{\partial y^2} + k_c^2 E_{0z} = 0 \quad (26)$$

dan bila persamaan (24) dan (25) disubstitusikan ke persamaan (15) diperoleh

$$\frac{\partial^2 H_{0z}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_{0z}}{\partial y^2} + k_c^2 H_{0z} = 0. \quad (27)$$

Persamaan-persamaan dari (22) sampai (25) memiliki bentuk penjumlahan dengan masing-masing persamaan memiliki komponen E_{0z} dan H_{0z} . Jika $E_{0z} = 0$ maka \mathbf{E} seluruhnya terletak pada bidang xy dan tegak lurus arah penjalaran dan inilah yang disebut *transverse electric mode* atau mode TE.

Karena persamaan (26) dan (27) memiliki bentuk yang sama dengan persamaan gelombang pada persamaan (6), untuk tipe mode TE penyelesaian persamaan gelombangnya dapat diwakilkan oleh persamaan (6). Untuk solusinya digunakan metode separasi variabel, $\psi_0(x, y) = X(x)Y(y)$ sehingga jika disubstitusikan ke persamaan gelombang (persamaan 6) diperoleh

$$\frac{1}{X} \frac{d^2 X}{dx^2} = -\frac{1}{Y} \frac{d^2 Y}{dy^2} - k_c^2 = -k_1^2. \quad (28)$$

Jadi $(d^2 X / dx^2) + k_1^2 X = 0$ dan $(d^2 Y / dy^2) + k_2^2 Y = 0$, dimana harus dipenuhi

$$k_1^2 + k_2^2 = k_c^2, \quad (29)$$

k_2 juga merupakan konstanta. Jika persamaan ini diselesaikan dengan fungsi trigonometri, maka didapatkan

$$\psi_0(x, y) = (C_1 \sin k_1 x + C_2 \cos k_1 x)(C_3 \sin k_2 y + C_4 \cos k_2 y) \quad (30)$$

dengan C_1 , C_2 , C_3 dan C_4 adalah konstanta integrasi. Karena ψ_0 merupakan perwakilan untuk H_{0z} juga E_{0z} maka untuk mode TE, $E_{0z} = 0$ didapatkan

$$H_{0z} = (C_1 \sin k_1 x + C_2 \cos k_1 x)(C_3 \sin k_2 y + C_4 \cos k_2 y). \quad (31)$$

H_{0z} adalah komponen tangensial. Dari syarat batas diketahui bahwa pada konduktor sempurna \mathbf{B} tidak memiliki komponen normal tetapi memiliki komponen tangensial pada permukaan konduktor, dan dengan mengingat $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ maka H_{0z} tidak perlu hilang pada bidang batas. Sedangkan H_{0x} dan H_{0y} akan menjadi komponen normal dan akan hilang pada bidang batas. Di sisi lain pada konduktor sempurna \mathbf{E} tidak memiliki komponen tangensial tetapi memiliki komponen normal pada permukaan konduktor. E_{0x} dan E_{0y} akan menjadi komponen tangensial pada permukaan oleh karena itu harus hilang pada bidang batas. Dengan $E_{0z} = 0$, ketika persamaan (31) disubstitusi ke (22) dan (23) akan didapatkan

$$E_{0x} = \frac{i\omega\mu k_2}{k_c^2} (C_1 \sin k_1 x + C_2 \cos k_1 x)(C_3 \cos k_2 y - C_4 \sin k_2 y) \quad (32)$$

$$E_{0y} = -\frac{i\omega\mu k_1}{k_c^2} (C_1 \cos k_1 x - C_2 \sin k_1 x)(C_3 \sin k_2 y + C_4 \cos k_2 y). \quad (33)$$

E_{0x} akan menjadi komponen tangensial dan akan hilang pada $y = 0$ dan $y = b$. E_{0y} pun akan bernilai nol pada $x = 0$ dan $x = b$. Untuk E_{0x} bernilai nol pada $y = 0$ dan E_{0y} bernilai nol pada $x = 0$, didapatkan

$$E_{0x}(x,0) = 0 = \frac{i\omega\mu k_2 C_3}{k_c^2} (C_1 \sin k_1 x + C_2 \cos k_1 x) \quad (34)$$

$$E_{0y}(0,y) = 0 = -\frac{i\omega\mu k_1 C_1}{k_c^2} (C_3 \sin k_2 y + C_4 \cos k_2 y) \quad (35)$$

jadi $C_3 = 0$ dan $C_1 = 0$. Sehingga didapatkan

$$H_{0z} = C_2 C_4 \cos k_1 x \cos k_2 y \quad (36)$$

$$E_{0x} = -\frac{i\omega\mu k_2}{k_c^2} C_2 C_4 \cos k_1 x \sin k_2 y \quad (37)$$

$$E_{0y} = \frac{i\omega\mu k_1}{k_c^2} C_2 C_4 \sin k_1 x \cos k_2 y. \quad (38)$$

Dari persamaan (37) yang mengharuskan $E_{0x}(x,b) = 0$ didapatkan $\sin k_2 b = 0$ jadi $k_2 b = n\pi$ dengan n adalah bilangan bulat. Sama halnya untuk $E_{0y}(a,y) = 0$ didapatkan $k_1 a = m\pi$ dengan m adalah bilangan bulat. Jadi diperoleh

$$k_1 = \frac{m\pi}{a} \quad k_2 = \frac{n\pi}{b}. \tag{39}$$

Persamaan (29) menunjukkan harga k_c^2 yang diijinkan adalah

$$k_c^2 = k_{c_{mn}}^2 = \pi^2 \left[\left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2 \right] \tag{40}$$

Jika dibuat $C_2 C_4 = H_0$ dengan H_0 adalah nilai maksimum dari persamaan (36), amplitudo dari medan listrik mode TE secara umum di dalam pandu gelombang persegi menjadi

$$E_{0x} = -\frac{i\omega\mu}{k_c^2} \left(\frac{n\pi}{b} \right) H_0 \cos\left(\frac{m\pi x}{a} \right) \sin\left(\frac{n\pi y}{b} \right) \tag{41}$$

$$E_{0y} = \frac{i\omega\mu}{k_c^2} \left(\frac{m\pi}{a} \right) H_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{a} \right) \cos\left(\frac{n\pi y}{b} \right) \tag{42}$$

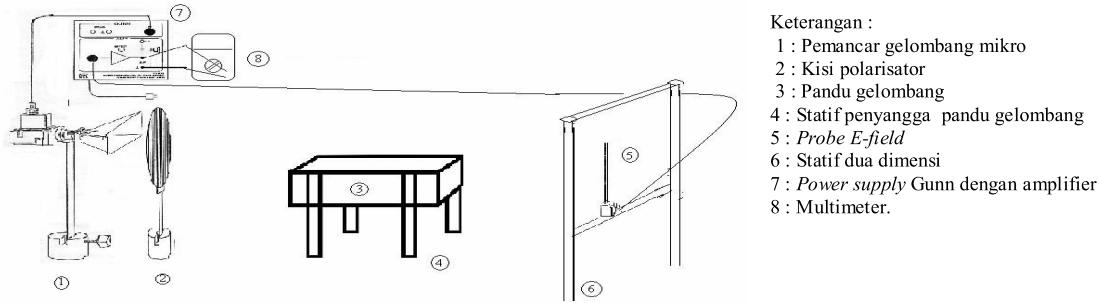
$$E_{0z} = 0. \tag{43}$$

Untuk medan listrik yang menjalar pada sumbu x, persamaan medannya diperoleh dari E_{0x} dikalikan faktor penjalaran, dan diperoleh :

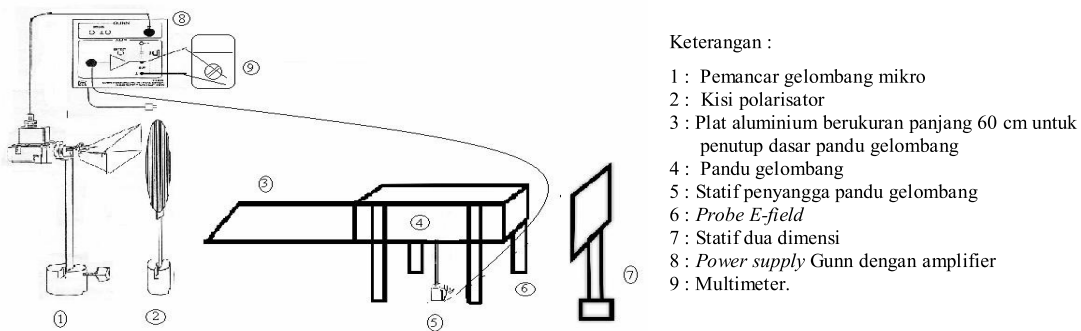
$$E_x = -\frac{i\omega\mu}{k_c^2} \left(\frac{n\pi}{b} \right) H_0 \cos\left(\frac{m\pi x}{a} \right) \sin\left(\frac{n\pi y}{b} \right) e^{i(k_g z - \omega t)}. \tag{45}$$

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Getaran dan Gelombang, Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY. Rangkaian alat yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 1 dan 2. Pandu gelombang yang digunakan terbuat dari aluminium dengan ketebalan bahan 3 mm, ukuran penampang melintang 9,3 cm x 5,6 cm dan panjang 90 cm. Di dalam penelitian ini osilator Gunn digunakan sebagai sumber gelombang mikro. *Probe E-field* digunakan sebagai pendeteksi komponen medan listrik dari medan gelombang mikro.



Gambar 1. Desain alat untuk meneliti pola mode TE di depan penampang melintang pemandu gelombang.

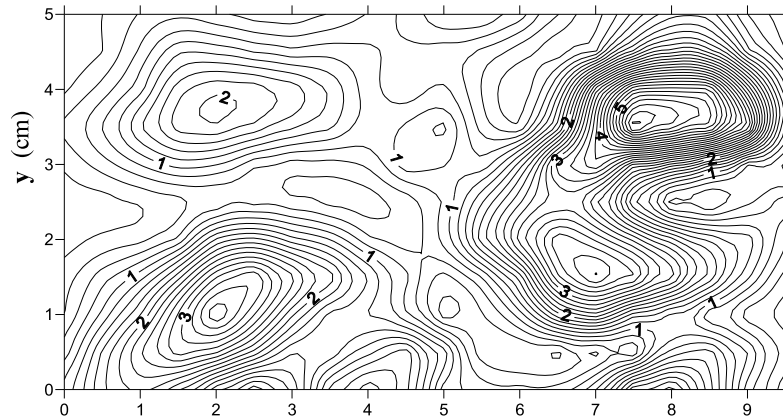


Gambar 2. Desain alat untuk mengukur panjang gelombang mikro di dalam pemandu gelombang.

Untuk menampilkan pola mode TE dari penampang melintang pemandu gelombang dan kontur medan listrik di depan antena horn digunakan program *Surfer*. Sedangkan untuk menentukan panjang gelombang mikro di udara dan di dalam pemandu gelombang serta koefisien refleksi dari bahan reflektor terhadap gelombang mikro di udara dan di dalam pemandu gelombang digunakan *curve fitting tool* pada program *Matlab 7.2*.

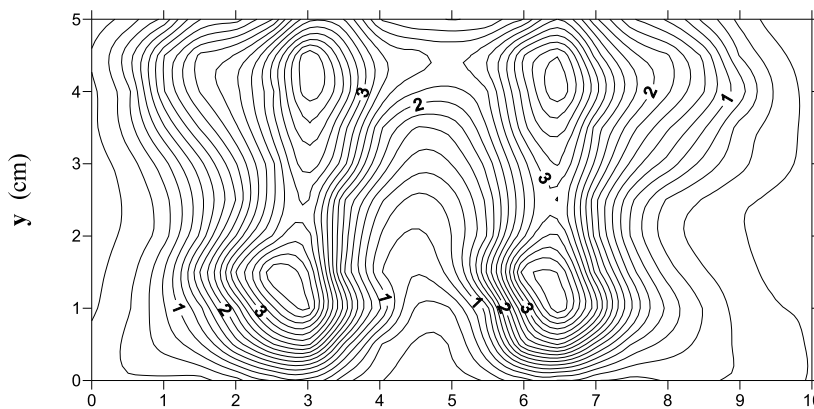
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pola mode *Transverse Electric* (TE), besarnya penampang melintang pemandu gelombang disesuaikan dengan dimensi lateral dari antena *horn*. Hal ini dilakukan karena antena *horn* berbentuk piramida sehingga distribusi gelombangnya menyebar menurut perpanjangan *horn*. Karena keterbatasan alat, pengambilan data tidak dilakukan di dalam pemandu tetapi di bagian luarnya, yaitu pada bidang batas antara pemandu gelombang dengan udara bebas (ujung sisi kanan pemandu gelombang). Penelitian dilakukan untuk sudut polarisator 80° . Gambar 3 adalah pola mode TE dari penampang melintang pemandu gelombang untuk sudut polarisator 80° .



Gambar 3. Kontur pola mode TE pada penampang melintang pandu gelombang pada sudut polarisator 80^0 .

Mode TE berkaitan dengan panjang gelombang yang terbentuk di dalam pandu gelombang. Karena keterbatasan alat, untuk pandu gelombang yang posisinya melekat pada antenna *horn*-polarisator panjang gelombang dari gelombang mikro yang berada di dalamnya tidak dapat diukur. Agar dapat mengukur panjang gelombang dari gelombang mikro yang berada di dalam pandu sehingga dapat mengaitkannya dengan pola mode TE yang terbentuk, pandu gelombang digeser sejauh 38 cm dari posisi antenna *horn*-polarisator. Pola mode TE-nya diilustrasikan pada Gambar 4.

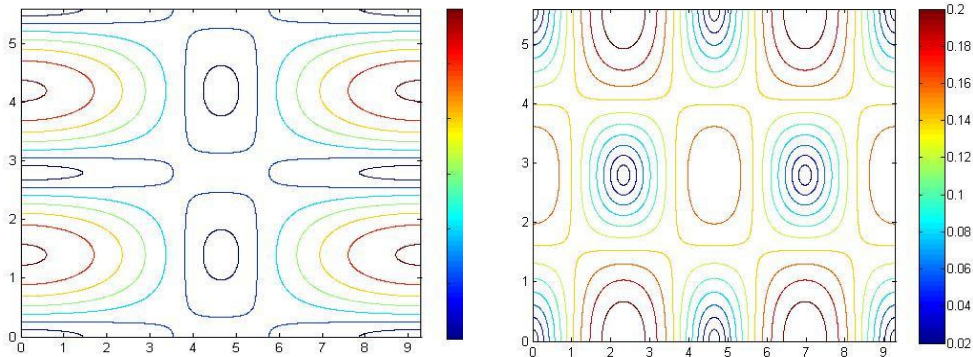


Gambar 4. Kontur pola mode TE pada penampang melintang pandu gelombang pada sudut polarisator 0^0 . Jarak antara antenna *horn*-pandu gelombang adalah 38 cm.

Untuk menentukan jenis mode TE yang diperoleh dari hasil penelitian, maka pola yang didapat dibandingkan dengan pola mode TE magnitudo dari metode *meshgrid*. Hal ini disebabkan *probe E-field* tidak dapat memverifikasi vektor medan listrik tetapi hanya dapat mendeteksi magnitudo medan listrik sehingga pola mode TE yang didapat dari hasil penelitian adalah pola mode TE magnitudo. Persamaan untuk *meshgrid* menjadi

$$|\mathbf{E}| \sim \sqrt{\left(\frac{n^2}{b^2} \cos^2\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \sin^2\left(\frac{n\pi y}{b}\right)\right) + \left(\frac{m^2}{a^2} \sin^2\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos^2\left(\frac{n\pi y}{b}\right)\right)}. \quad (47)$$

Dengan a adalah 9,3 cm dan b adalah 5,6 cm sedangkan panjang gelombang mikro di udara sebesar $(32,1 \pm 0,2)$ mm. Dengan menggunakan persamaan (47) maka didapatkan pola mode TE dari metode *meshgrid* pada *Matlab 7.2*. Mode yang polanya mendekati hasil penelitian adalah mode TE_{12} dan TE_{21} .



Mode TE_{12}

Mode TE_{21}

Untuk lebih meyakinkan mode TE apakah yang diperoleh dari hasil penelitian, maka dilakukan pengukuran panjang gelombang di dalam pandu. Namun sebelumnya dilakukan perhitungan panjang gelombang dari gelombang mikro di dalam pandu secara teoritik.

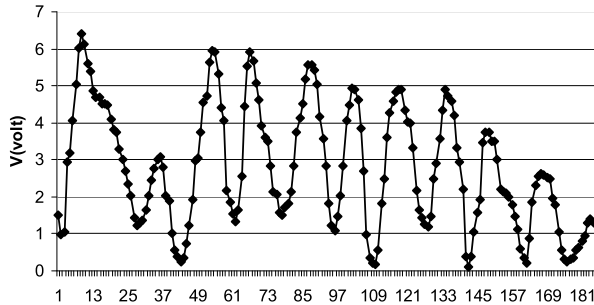
$$k_c^2 = \pi^2 \left[\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right]. \quad \lambda_c = \frac{2\pi}{k_c} \quad \frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}$$

dengan ralat

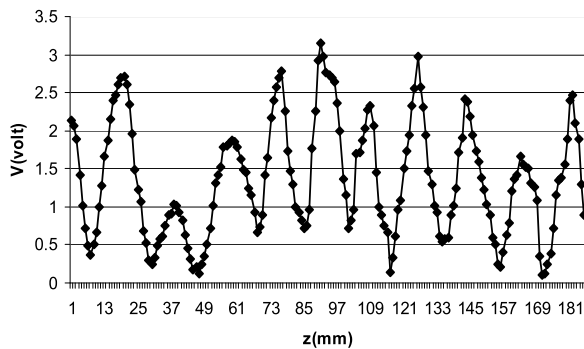
$$\Delta\lambda_g = \left| \frac{\partial\lambda_g}{\partial\lambda_0} \right| \Delta\lambda_0 + \left| \frac{\partial\lambda_g}{\partial\lambda_c} \right| \Delta\lambda_c$$

Untuk mode TE_{12} panjang gelombang hasil perhitungan secara teoritik adalah $(40,0 \pm 0,4)$ mm. Sedangkan untuk mode TE_{21} adalah $(35,9 \pm 0,3)$ mm. Pengambilan data untuk panjang gelombang dari gelombang mikro di dalam pandu menggunakan reflektor plat aluminium berketebalan 1 mm dan dilakukan untuk sudut polarisator 60° dan 70° . Gambar 5 dan 6 adalah pola interferensi gelombang di dalam pandu gelombang

dengan menggunakan reflektor aluminium dan sudut polarisator 60° dan 70° . serta pandu gelombang berjarak 38 cm dari antenna *horn*-polarisator.



Gambar 5. Grafik pola gelombang berdiri di dalam pandu gelombang dengan menggunakan reflektor aluminium pada sudut polarisator 60° . Pandu gelombang berjarak 38 cm dari antenna *horn*.



Gambar 6. Grafik pola gelombang berdiri di dalam pandu gelombang dengan menggunakan reflektor aluminium pada sudut polarisator 70° . Pandu gelombang berjarak 38 cm dari antenna *horn*.

Setelah didapatkan grafik pada gambar 6, kemudian dilakukan *curve fitting* terhadap grafik dengan menggunakan program *Matlab 7.2*. Persamaan yang digunakan untuk proses *curve fitting* adalah :

$$V = \left\{ (A + B)^2 \cos^2 \left[\frac{2\pi z}{\lambda} + \frac{\theta}{2} \right] + (A - B)^2 \sin^2 \left[\frac{2\pi z}{\lambda} + \frac{\theta}{2} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (48)$$

Untuk *curve fitting* dari panjang gelombang di dalam pandu, grafik dibagi menjadi beberapa bagian kemudian dilakukan *curve fitting* pada masing-masing bagian. Nilai panjang gelombang yang diperoleh dari masing-masing *curve fitting* kemudian dirata-rata, dan hasilnya dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 4.10. Nilai panjang gelombang dari gelombang mikro di dalam pandu gelombang dengan menggunakan reflektor acrylic pada sudut polarisator 50° dan 70° .

Sudut Polarisator	λ_g (mm)
60°	$34,961 \pm 1,015$
70°	$34,881 \pm 1,575$

Selanjutnya panjang gelombang yang diperoleh dari Tabel 1 dirata-rata. Dan diperoleh panjang gelombang dari gelombang mikro di dalam pandu (λ_g) dengan menggunakan reflektor aluminium sebesar $(34,9 \pm 0,9)$ mm. Nilai panjang gelombang yang diperoleh dari *curve fitting* hasil penelitian mendekati hasil perhitungan untuk panjang gelombang di dalam pandu pada mode TE_{21} yaitu sebesar $(35,9 \pm 0,3)$ mm. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa mode yang terbentuk pada penampang melintang pandu gelombang yang didapatkan dari hasil penelitian adalah mode TE_{21} .

KESIMPULAN

1. Pola mode TE yang terbentuk pada penampang melintang pandu gelombang berukuran $9,3 \text{ cm} \times 5,6 \text{ cm}$, panjang pandu 30 cm, dan pandu terbuat dari aluminium dengan ketebalan bahan 2 mm adalah mode TE_{21} .
2. Panjang gelombang dari gelombang mikro di dalam pandu (λ_g) adalah $(34,9 \pm 0,9)$ mm.

DAFTAR PUSTAKA

Wangsness, Roald K. (1986). *Electromagnetic Fields 2nd .ed.* New York: John Wiley & Sons Ltd.