

Visualisasi Simpangan Getaran Dengan Metode Interferometri Pola Spekel Elektronik

Muchiar¹⁾, Kisman M. Mahmud²⁾

¹Pusat Penelitian Fisika-LIPI Kawasan PUSPITEK, Serpong, Tangerang, Banten 15314

²Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat 10510

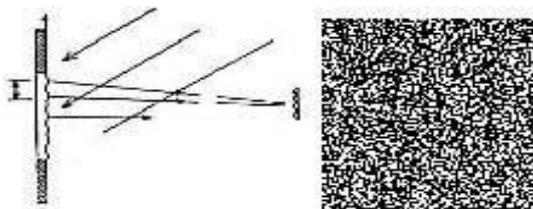
Email : muhiar2003@yahoo.com, kismanmahmud@yahoo.co.id

ABSTRAK

Simpangan getaran sebuah membran berupa membran bundar yang bergetar sinusoidal, telah divisualisasikan dengan menggunakan Metode Interferometri Pola Spekel Elektronik. Pola spekel dari permukaan membran pada saat tidak bergetar dan pada saat sedang bergetar pada frekuensi dan amplitudo tertentu, masing-masing, direkam dengan kamera CCD dan datanya disimpan didalam komputer. Selanjutnya, masing-masing data pola spekel membran yang sedang bergetar tersebut di substraksi dengan data pola spekel membran dalam keadaan diam. Hasil yang diperoleh berupa visualisasi citra spekel simpangan rata-rata permukaan membran yang disertai dengan pola frinji tertentu. Bentuk dari pola frinji yang terjadi bersesuaian dengan pola simpangan getaran yang dialami oleh bagian permukaan membran. Sedangkan jumlah pola frinji yang terjadi bersesuaian dengan besarnya simpangan rata-rata yang terjadi. Metode ini mensyaratkan perioda getaran membran jauh lebih pendek dibandingkan waktu perekaman kamera CCD. Dari segi kualitas, metode ini menghasilkan citra tidaklah sebaik atau setajam yang diperoleh dengan Metode Interferometri Holografi.

1. PENDAHULUAN

Spekel adalah bintik-bintik terang dan gelap yang terjadi sebagai hasil interferensi diantarasinar-sinar yang dipantulkan oleh suatu permukaan difus, apabila permukaan tersebut diterangidengan berkas cahaya monokromatis (Gambar 1). Pola spekel elektronik adalah data-data elektronik sebagai hasil perekaman terhadap pola spekel dengan menggunakan kamera elektronik (kamera CCD atau kamera video). Pola spekel elektronik ini dapat ditayangkan padalayar monitor ataupun disimpan didalam komputer untuk keperluan lebih lanjut.



Gambar 1. Kiri, skematik pembentukan spekel; Kanan, contoh pola spekel

Metode Interferometri Pola Spekel Elektronik merupakan pengembangan dari metode interferometri klasik, suatu ilmu yang mempelajari dan memanfaatkan fenomena interferensi. Pada Interferometri Pola Spekel Elektronik (IPSE) yang dipelajari dan dimanfaatkan adalah pola spekel elektronik. Metode ini adalah yang relatif sederhana, meskipun mempunyai keterbatasan, yaitu perioda dari objek yang bervibrasi haruslah lebih singkat dari waktu perekaman kamera CCD. Selain itu besarnya simpangan yang dapat diamati akan sangat dibatasi oleh kemampuan untuk menganalisa pola frinji yang terbentuk pada citra visualisasi.

Pada penelitian ini objek yang diamati adalah sebuah membran bundar terbuat dari pelat aluminium tipis dan sebagai sumber cahaya monokromatis digunakan laser Helium-Neon ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$), dengan daya sekitar 30 milli-watt.

Hasil substraksi adalah berupa pola citra spekel permukaan objek yang disertai dengan suatu pola frinji. Pola frinji yang dihasilkan bergantung pada simpangan yang dialami oleh bagian-bagian permukaan objek. Dari hasil pengamatan, bentuk pola frinji berubah

dengan frekuensi getaran, sedangkan jumlah frinji yang terjadi bergantung pada besarnya simpangan rata-rata yang dialami oleh permukaan objek.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Misalkan suatu permukaan membran yang difus diterangi dengan berkas cahaya monokromatis dan misalkan pula amplitudo dari berkas cahaya pantulan oleh permukaan membran ke arah kamera (berkas objek), dan berkas cahaya yang diarahkan langsung pada kamera (berkas referensi) adalah I_0 dan I_R . Pada saat objek belum bergetar, intensitas cahaya yang diterima kamera dapat dituliskan sebagai

$$I(x, y, t) = I_0^2 + I_R^2 + 2I_0 I_R \cos(\phi_0 - \phi_R) \quad [1]$$

Apabila objek bergetar sinusoidal, fasa berkas objek yang diterima kamera akan selalu berubah-ubah, sehingga intensitas cahaya yang diterima kamera akan menjadi

$$I(x, y, t) = I_0^2 + I_R^2 + 2I_0 I_R \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} k a(x, y, t) + (\phi_0 - \phi_R) \right] \quad [2]$$

dimana k adalah faktor geometri yang bergantung pada susunan percobaan, $a(x,y,t)$ adalah simpangan getaran objek pada sebarang titik x, y , dan pada sebarang waktu t , ϕ_0 dan ϕ_R adalah fasa dari berkas objek dan fasa dari berkas referensi. Untuk objek yang bergetar dengan perioda jauh lebih singkat dibandingkan waktu perekaman kamera, maka yang intensitas yang terekam adalah intensitas rata-rata, atau

$$\langle I(x, y) \rangle = I_0^2 + I_R^2 + 2I_0 I_R \int_{T=0}^{T=T} \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} k a(x, y, t) + (\phi_0 - \phi_R) \right] dt \quad [3]$$

Karena objek bergetar sinusoidal, maka simpangannya, a , dapat dinyatakan sebagai $a(x, y, t) = a_0(x, y) \sin(\omega t + \psi_0)$ [4] dimana a_0 adalah amplitudonya dan ψ_0 adalah fasa getaran.

Dengan mensubstitusikan Pers.[4] kedalam Pers.[3], diperoleh

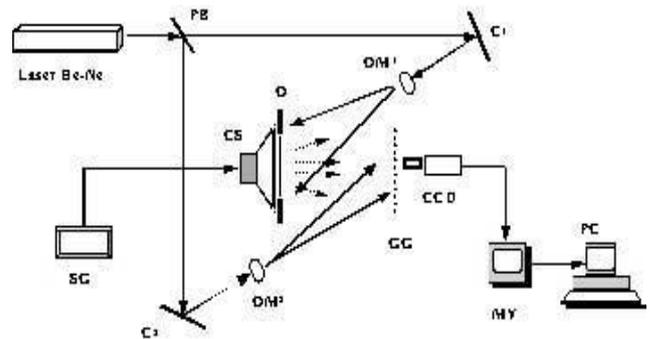
$$\langle I(x, y) \rangle = I_0^2 + I_R^2 + 2I_0 I_R \int_{T=0}^{T=T} \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} k a_0(x, y) \sin(\omega t + \psi_0) + (\phi_0 - \phi_R) \right] dt$$

Integral pada persamaan diatas merupakan fungsi Bessel orde nol, sehingga Pers.[5] dapat dituliskan sebagai

$$\langle I(x, y) \rangle = I_0^2 + I_R^2 + 2I_0 I_R \cos(\phi_0 - \phi_R) J_0 \left| \frac{2\pi}{\lambda} k a_0(x, y) \right| \quad [6]$$

Substraksi dari citra objek dalam keadaan diam dengan citra objek dalam keadaan bergetaran menghasilkan frinji gelap untuk harga $J_0 = 0$.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Skematik susunan komponen percobaan

Secara skematik, susunan perangkat percobaan adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Sebagai objek, O , pada percobaan ini adalah sebuah membran sirkular dengan diameter sekitar 75 mm, terbuat dari pelat tipis aluminium dengan tebal sekitar 0,1 mm. Permukaan objek dibuat difus. Objek ini dikopel dengan corong penguas suara CS dan diklem pada suatu dudukan yang kuat dan kaku sehingga getarannya dapat berlangsung dengan baik. Corong penguas suara ini dihubungkan dengan generator bunyi, SG , sebagai sumber getaran. Pada penelitian ini frekuensi dinaikkan secara bertahap mulai dari 100 Hz hingga 1500 Hz dan setiap tahapan berselisih frekuensi sebesar 50 Hz.

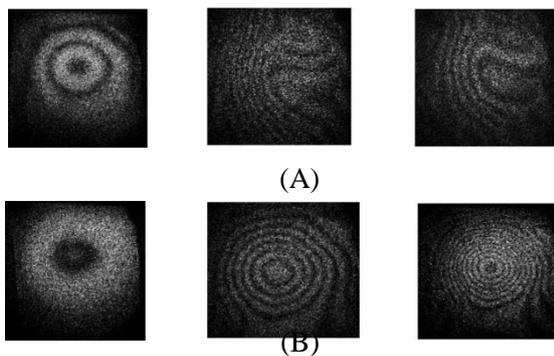
Objek diterangi oleh berkas cahaya monokromatik berasal dari sumber laser Helium-Neon ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$). Berkas laser ini dibagi menjadi dua berkas, dengan intensitas hampir sama, menggunakan pembagi berkas PB . Sebuah berkas diarahkan oleh cermin C_1 ke objek uji, O . Sebelum tiba di objek uji, sinar ini dimekarkan oleh objektif mikroskop OM_1 . Permukaan objek yang difus akan menghamburkan berkas cahaya yang

tiba padanya. Hamburan ini (berkas objek) ditangkap oleh kamera **CCD**. Berkas lainnya, dinamakan berkas referensi, oleh cermin C_2 diarahkan ke lensa kamera **CCD** setelah terlebih dahulu dimekarkan oleh objektif mikroskop **OM₂**.

Berkas referensi bersama-sama dengan berkas objek, setelah melalui *Ground Glass* **GG**, akan ditangkap oleh lensa kamera **CCD** dan diubah menjadi sinyal listrik yang menghasilkan pola spekel elektronik dan data ini disimpan didalam komputer **PC**. Penyimpanan data dilakukan untuk setiap kondisi frekuensi dan amplitudo getaran dan disimpan dalam file-file yang berbeda. Setelah percobaan selesai, dilakukan proses substraksi. Data pola spekel dari membran yang bergetar pada suatu kondisi di substraksi dengan data pola spekel dari membran pada saat tidak bergetar. Hasil substraksi bisa dilihat melalui monitor **MV** dan datanya disimpan didalam file yang berbeda.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil substraksi terhadap masing-masing data rekaman yang diperoleh, sebagian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. (A) Perubahan bentuk pola frinji karena perubahan frekuensi; (B) Perubahan jumlah frinji karena perubahan amplitudo.

Dari citra pola spekel hasil substraksi yang diperoleh, terlihat bahwa bentuk pola frinji mempunyai kaitan dengan frekuensi getaran. Pada frekuensi rendah, segmen-segmen membran, untuk posisi radial yang sama, bergetar dengan amplitudo yang hampir sama. Ini terlihat dari bentuk pola frinji yang hampir bulat dan simetris. Akan tetapi dengan kenaikan frekuensi, terlihat bahwa segmen-segmen membran, pada posisi radial yang sama, amplitudo getarannya makin berbeda.

Ini jelas terlihat pada gambar bagian (A) diatas, yaitu untuk gambar yang ke-3 dan ke-4 dari kiri, dimana pola frinji yang terbentuk sudah tidak lagi berupa lingkaran dan jarak antar frinji juga sudah tidak simetris. Hal ini terlihat jelas sekali pada segmen-segmen membran diparuh bagian kanan.

Dari contoh citra frinji pada Gambar 3(B), terlihat bahwa kenaikan besarnya amplitudo hanya menghasilkan perubahan jumlah frinji yang terbentuk. Bentuk pola frinji tidaklah berubah dengan bertambahnya atau berkurangnya besar amplitudo. Demikian pula dengan jarak antar frinji berubah secara proporsional.

Dengan demikian, berdasarkan analisa terhadap bentuk pola dan jumlah frinji, ternyata bahwa pola getaran dari masing-masing segmen membran dapat berubah dengan berubahnya frekuensi getaran. Perubahan pola ini akan makin terlihat pada frekuensi yang lebih tinggi. Sebaliknya pola getaran masing-masing segmen tersebut tidaklah berubah apabila amplitudonya yang berubah. Perubahan yang terjadi, apabila amplitudo berubah pada frekuensi yang sama, hanyalah pada besarnya nilai simpangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengalaman selama melakukan percobaan dan juga dari data-data hasil substraksi yang diperoleh, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

- Visualisasi simpangan getaran membran dengan Metode Interferometri Pola Spekel Elektronik dapat dilakukan, khususnya untuk simpangan rata-rata.
- Selain memvisualkan besarnya simpangan rata-rata, citra substraksi juga memperlihatkan bagaimana pola getaran (simpangan) dari masing-masing segmen membran.

DAFTAR PUSTAKA

O.J. Lokberg, *Speckle Metrology*, ed. R.S. Sirohi, Marcel Dekker Inc., New York, 1993.

Muchiar, Penelitian Visualisasi dan Karakteristik Slip-Band pada Pelat

Paduan Aluminium Tipe A5052P,
Prosiding ETM.

<http://www.pnp.physics.ox.ac.uk/~atlas/vibespi/taespi.html>, *TimeAverage ESPI forVibration Measurement*