

Analisa Perbandingan Getaran Plat Antara Metode Asumsi Beam dengan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi

I.P.G. Sopan Rahtika^{1,*}, I.N.G. Wardana², A.A. Sonief², E. Siswanto²

¹ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, P.O. BOX 1064 Tuban, Badung, BALI

² Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Jl MT Haryono Malang, Jawa Timur

* E-mail: sopan_rahtika@yahoo.com

Abstrak. Analisa plat sering diasumsikan sebagai beam karena kesederhanaan perhitungannya. Dalam banyak kondisi asumsi ini bisa dilakukan dan valid. Pemodelan plat sebagai beam tentu mengalami kekurangan. Dipihak lain metode elemen hingga tiga dimensi bisa mewakili plat lebih lengkap, akan tetapi analisisnya menjadi lebih komplek. Penelitian ini bertujuan membandingkan kedua metode itu secara berdampingan untuk kelayakan dan keterbatasan metode beam dalam menganalisa getaran plat. Metode analitik menggunakan euler beam akan dibandingkan dengan metode elemen hingga tiga dimensi dengan ANSYS. Eksperimental verifikasi juga dilakukan untuk kebenaran pemodelan. Hasil analisa menunjukkan bahwa analisa asumsi beam layak digunakan untuk mode rendah dan melihat keterbatasan pada mode tinggi. Signifikansi dari penelitian ini adalah memberikan kehati-hatian dalam pemakaian asumsi metode beam dalam menganalisa plat.

Kata Kunci: Getaran Plat, Metode Asumsi Beam, Metode Elemen Hingga

1. Pendahuluan

Perilaku getaran plat merupakan persoalan teknik yang menarik. Analisa getaran bisa dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan memodelkan plat sebagai beam dan ada juga dengan menggunakan model tiga dimensi penuh. Pemodelan dengan asumsi beam sering dipakai karena alasan kepraktisan. Meskipun dengan asumsi ini banyak penyederhanaan dilakukan, sehingga sebenarnya banyak perilaku getaran plat yang terabaikan.

Di sisi lain pemodelan tiga dimensi lebih komplek dan kurang praktis dalam artian bahwa sering kali analisa ini lebih komplek dari segi kepraktisan yang diperlukan dalam dunia teknik. Analisa plat sering diasumsikan sebagai beam karena kesederhanaan perhitungannya. Dalam banyak kondisi asumsi ini bisa dilakukan dan valid. Pemodelan plat sebagai beam tentu mengalami kekurangan. Dipihak lain metode elemen hingga tiga dimensi bisa mewakili plat lebih lengkap, akan tetapi analisisnya menjadi lebih komplek. Penelitian ini bertujuan membandingkan kedua metode itu secara berdampingan untuk kelayakan dan keterbatasan metode beam dalam menganalisa getaran plat. Metode analitik menggunakan euler beam akan dibandingkan dengan metode elemen hingga tiga dimensi dengan ANSYS. Eksperimental verifikasi juga dilakukan untuk kebenaran pemodelan.

2. Tinjauan Pustaka

Secara analitik plat bisa diasumsikan sebagai beam. Pemodelan beam yang paling populer adalah euler-benoulli beam. Analisa euler-bernaulli beam yang dipakai penelitian ini memakai buku teks Danaiel Inman sebagai referensi [1].

Sebagai beam, plat bisa dimodelkan sebagai persamaan berikut

$$\frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^4 w(x,t)}{\partial x^4} = 0 \quad (1)$$

dimana

w beam deflection
x koordinat jarak dari ujung datum beam
t waktu

c the ratio of beam elasticity toward its inertia $c = \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$

Mode shape ke-n dari getaran clamped-free beam akan bisa dirumuskan sebagai persamaan berikut

$$X(x) = \cosh \beta_n x - \cos \beta_n x - \sigma_n (\sinh \beta_n x - \sin \beta_n x) \quad (2)$$

dengan nilai

n=1 maka $\beta_{n1}=1.8751$ dan $\sigma_n=0.7341$

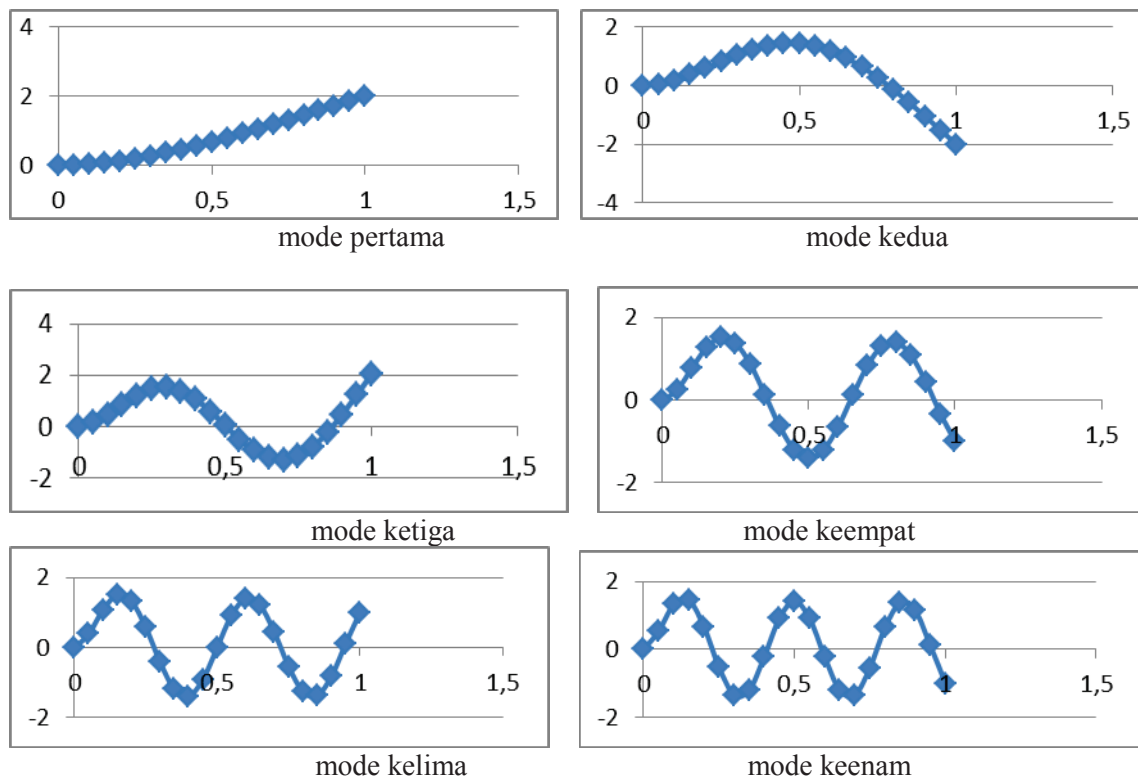
n=2 maka $\beta_{n1}=4.6941$ dan $\sigma_n=1.0185$

n=3 maka $\beta_{n1}=7.8548$ dan $\sigma_n=0.9992$

n=4 maka $\beta_{n1}=10.9955$ dan $\sigma_n=1.0000$

n=5 maka $\beta_{n1}=14.1372$ dan $\sigma_n=1.0000$

n=6 maka $\beta_{n1}=17.2788$ dan $\sigma_n=1.0000$



Gambar 1. Mode shape berdasarkan metode asumsi beam

Plat yang diuji dalam penelitian ini adalah plat tembaga dengan sifat-sifat material sebagai berikut: Young's modulus of elasticity of 110 GPa, the mass density of 8960 kg/m³, and the Poisson ratio of 0.34)

Natural frequensi dari beam bisa dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\beta^4 = \frac{\rho A \omega^2}{EI} \quad (3)$$

Beberapa literature yang telah menggunakan dalam persamaan euler-bernaulli beam dalam pemodelan plat diantaranya adalah Gibbs et. al. [2], Deivasigamani et. al. [3], Eloy et. al. [4], dan Huang and Zang [5].

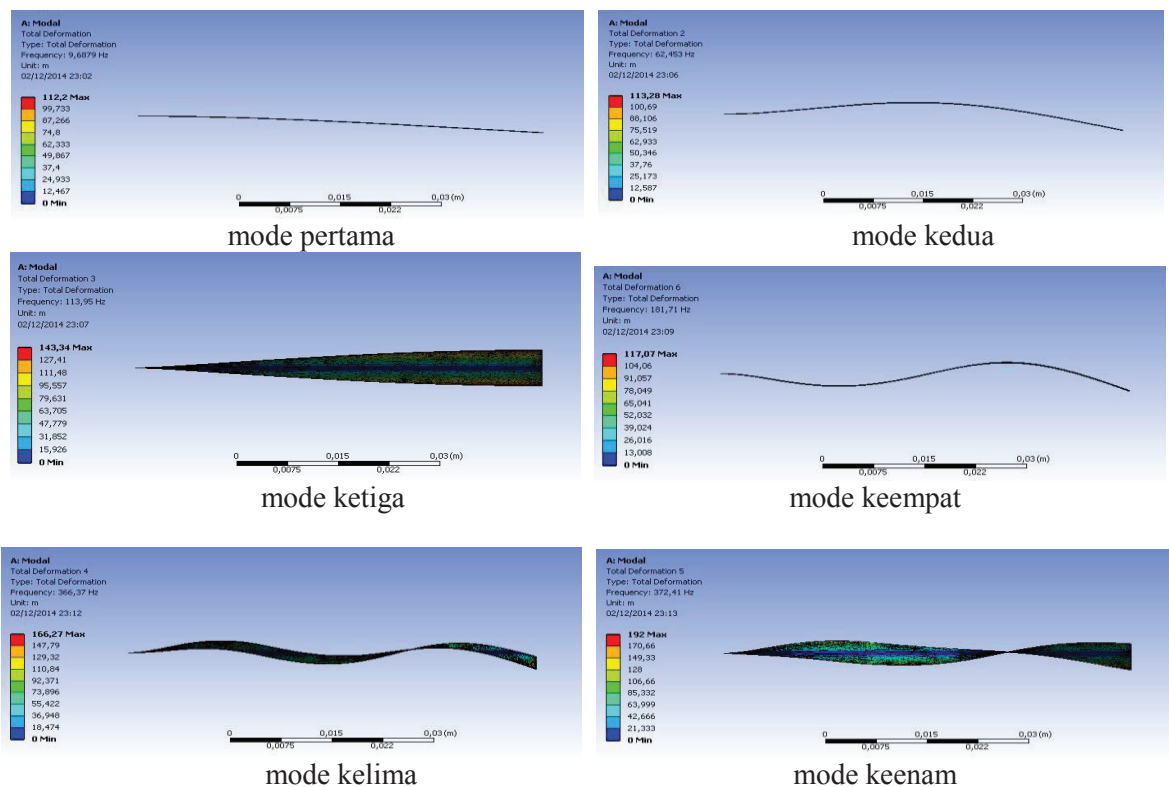
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisa dengan Asumsi Beam

Plat tembaga yang dianalisa dalam penelitian ini memiliki panjang 6 cm, lebar 1 cm, dan tebal 60 micron. Hasil analisa menggunakan persamaan (2) didapatkan enam mode shape pertama dari plat yang diuji diperlihatkan pada Gambar 1. Tiap-tiap mode shape bergetardengan frekuensi tertentu yang disebut natural frekuensi. Natural frekuensi didapatkan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan ditabulasi pada Tabel 1, di mana dibandingkan satu persatu dengan hasil perhitungan dengan Metode Elemen Hingga 3 Dimensi.

3.2 Hasil Analisa dengan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi

Analisa Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi menggunakan ANSYS 16.2 dalam student version. Analytical modal analysis meggunakan pendekatan beam memiliki keunggulan karena kesederahanaannya. Tiga dimensional numerical analysis lebih kompleks akan tetapi bisa memperlihatkan lebih lengkap tendensi perilaku modeshape yang bisa ditunjukkan oleh catilevered plate ke semua dimensi.



Gambar 2. Mode shape berdasarkan analisa metode elemen hingga tiga dimensi

Pehitungan modal analisis menggunakan ANSYS Modal. Gambar 2 menunjukkan hasil perhitungan mode shape menggunakan ANSYS Modal. Perhitungan natural frekuensi berdasarkan model 3D bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan natural frekuensi berdasarkan kedua metode dalam satuan Hz

Natural frekuensi ke n	Metode Asumsi Beam	Metode Elemen Hingga 3D
1	9.43	9.69
2	59.12	62.45
3	165.53	113.95
4	324.38	181.71
5	536.22	366.37
6	801.02	372.41

Perbandingan hasil analisa kedua metode menunjukkan bahwa kedua metode sepakat sampai perhitungan natural frekuensi dan mode shape yang kedua, walaupun dengan sedikit *discrepancy*. Perbedaan terjadi pada modeshape yang ketiga. Modeshape yang ketiga dengan metode asumsi menunjukkan persamaan dengan mode shape yang keempat dengan metode elemen hingga tiga dimensi. Ini artinya ada mode shape yang tidak terdeteksi antara mode kedua dan mode ketiga dari metode asumsi beam, yang bisa terdeteksi menjadi mode ketiga dalam metode elemen hingga 3 dimensi. Mode shape ini merupakan mode puntir (*twisting mode*) sehingga akan tidak tampak pada metode asumsi beam. Mode shape kelima dan keenam dari metode 3D juga merupakan mode punter sehingga tidak bisa terdeteksi dengan metode beam.



Gambar 3. Frame per frame eksperimental modal analysis menggunakan high speed camera

Analisa perbandingan ini memberikan gambaran tentang kehati-hatian yang harus diperhatikan dalam pemakaian metode beam dalam menganalisa plat. Metode ini akan valid sampai modeshape kedua. Dalam aplikasi kecenderungan pembebanan sangat menentukan apakah metode asumsi beam layak dipakai atau tidak. Misalnya kalau dalam analisa flutter dengan axial flow maka metode asumsi beam akan cukup valid dipakai, karena pembebanan cenderung tidak mengeksitasi modepuntir. Sedangkan dalam cross flow tentu tidak akan valid untuk dipakai, sehingga memerlukan pemodelan tiga dimensi.

3.3 Verifikasi Eksperimental

Sebagai perbandingan, eksperimental modal analysis dilakukan untuk memverifikasi hasil analisa analitik metode asumsi beam dan numerical metode elemen hingga tiga dimensi. Gambar 3 menunjukkan gambar dari ekperimental modal analysis. Eksperimental modal analysis dilakukan dengan memberikan initial displacement terhadap plate dan selanjutnya dibiarkan mengalami free vibration. Bersamaan dengan itu response plat terhadap initial condition direkam dengan high speed camera. Natural frequency dihitung berdasarkan hasil ekstraksi gambar seperti pada gambar 3. Untuk verifikasi hanya mode pertama yang dicermati. Perhitungan natural frekuensi pertama berdasarkan eksperimen adalah 9.13 Hz. Dibandingkan dengan metode asumsi beam 9.43 Hz dan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi 9.69 Hz, maka hasil pemodelan dalam penelitian ini terverifikasi secara eksperimen.

Kesimpulan

Dua metode analisa getaran untuk plat telah dibandingkan dalam penelitian ini, yaitu metode asumsi beam dan metode elemen hingga tiga dimensi. Kedua metode menunjukkan kesamaan hasil analisa sampai mode getaran atau natural frekuensi kedua. Metode asumsi beam tidak bisa mendeteksi mode punter. Kehati-hatian dalam mengimplementasikan metode asumsi beam dalam menganalisa plat apabila pembebanan akan mengeksitasi mode punter.

4. Daftar Referensi

- [1] Inman, D.J., 1994. Engineering Vibration. ISBN: 0-13-951773-1, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [2] Gibbs, S. Chad, Wang, Ivan, and Dowell, Earl., 2012. Theory and experiment of a rectangular plate with fixed leading edge in three-dimensional axial flow. *Journal of Fluids and Structures*. 34, 68-83
- [3] Deivasigamani, A. and McCarthy, J.M. and John, S. and S. Watkins, and Trivailo, P. and Coman, F., 2013. Flutter of cantilevered interconnected beams with variable hinge positions. *Journal of Fluids and Structures*. 38, 223–237
- [4] Eloy, C., Souilliez, C., Schouveiler, L., 2007. Flutter of a rectangular plate. *Journal of Fluids and Structures* 23(6), 904–919.
- [5] Huang, Lixi, Zhang, Chao, 2013. Modal analysis of cantilever plate flutter. *Journal of Fluids and Structures* 38, 273–289