DETEKSI KERUSAKAN PADA PLAT DENGAN MENGGUNAKAN SINYAL SUARA

Madi Harto Silalahi[1)],Feblil Huda[2)]
Laboratorium Konstruksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
[1]Madihart28@gmail.com, [2]Feblil.huda@eng.unri.ac.id
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,University of Riau

ABSTRACK

Structural Health Monitoring (*SHM*) *is a process of identifying damage by Nondestructive Evaluation (NDE). The method can be done by non-contact method. In this study a non-contact method was proposed to monitor the specimen by utilizing the sound signal as an excitation. This method has advantage becauseit is not costly toset-up testing.Excitation is given to specimen by the loudspeaker. The sound response on the specimen is recorded through the microphone. Recorded data in the form of time domain is transformed into a frequency domain using FFT (Fast Fourier Transform) method. The domain data frequency response and data excitation frequency can be processed into data of FRF(Frequency Response Function).FRF matrix form is used to estimate the mode shape. The first Natural frequency of mode shape is transformed to detect the location of damage. The study was performed on specimen under normal and damaged conditions. The result of the research on simulation and testing show that proposed method can detect the location of the damage properly and accurately.*
Keywords: *Signal Sound, SHM,FFT,FRF,Mode Shape*

1. Pendahuluan

Alumunium merupakan salah satu bahan dasar yang paling sering digunakan dalam bidang industri masa kini. Alumunium memiliki kelebihan apabila dibandingkan dengan logam lain, dari segi pengerjaan,perawatan dan alumunium lebih ringan dibandingkan dengan logam lainya. Salah satu cara untuk mengetahui struktur berfungsi adalah dengan cara *Structural Health monitoring* (SHM)

Structural Health monitoring (SHM) adalah sebuah proses identifikasi kerusakan dengan cara *Nondestructive Evaluation* (NDE). Beberapa metode SHM yang digunakan untuk menilai kondisi struktur antara lain dengan dengan inspeksi visual, teknik getaran dan teknik *Acoustic Emission* (AE). Namun kebanyakan metode tersebut membutuhkan kontak langsung dengan material, hal tersebut sangat sulit untuk dilakukan pada material/struktur-struktur yang bergerak seperti mesin rotasi dan pada struktur dengan lingkungan kerja temperatur tinggi karna dapat menyebabkan kerusakan pada sensor kontak dan berbahaya,oleh karena itu metode non kontak lebih baik digunakan pada kondisi tersebut(Aurora,dkk,2014). Alumunium merupakan salah satu material yang membutuhkan identifikasi dengan metode non kontak untuk memonitoring keadaan struktur alumunium.Penelitian mengenai deteksi kerusakan pada struktur plat telah dilakukan oleh (Aurora,dkk,2014). Namun metode tersebut memiliki kekurangan yaitu membutuhkan biaya yang besar untuk *set-up* pengujiannya.

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penulis mengajukan penelitian untuk memonitoring struktur plat menggunakan suara sebagai eksitasi getarannya. Metode yang diajukan merupakan kelanjutan dari metode yang telah dilakukan Aurora,dkk(2014) namun dengan *set-up* pengujian yang berbeda dan pengolahan data yang berbeda. Eksitasi suara yang dihasilkan oleh speaker diberikan pada spesimen dan respon spesimen direkam menggunakan *microphone*. Metode ini memiliki kelebihan yaitu tidak memerlukan biaya yang besar untuk *set-up* pengujiannya. Data diolah menggunakan *software* numerik hingga dapat dianalisis posisi dan bentuk kerusakan secara akurat.

2. Metodologi

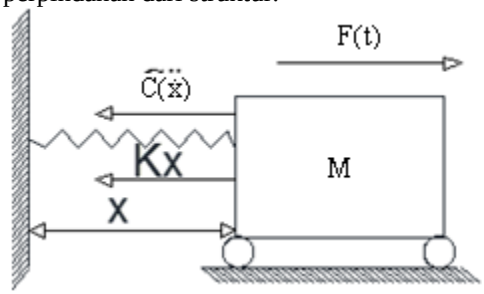
Jenis metodologi penelitian yang dilakukan adalah eksperimen yang berupa deteksi kerusakan pada struktur plat dengan menggunakan sinyal suara. Tahapan awal penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai dinamika struktur. Struktur dinamis pada umumnya memiliki karakteristik yang disebut dengan Mode. Mode adalah sifat yang melekat dari struktur, dan ditentukan oleh sifat material (massa, redaman, dan kekakuan), dan kondisi batas struktur. Setiap mode didefinisikan dengan frekuensi pribadi (modal atau resonansi), redaman modal, dan bentuk modus (yaitu yang

disebut "parameter modal"). Jika salah satu dari sifat material atau kondisi batas dari struktur berubah maka mode akan berubah (Egy & Khalis, 2014). Analisa mode suatu struktur dapat dilakukan dengan meninjau sistem dinamisnya.

Suatu sistem dinamis seringkali mendapatkan rangsangan gaya luar atau eksitasi, atau dapat disebut sebagai fungsi eksitasi. Eksitasi umumnya *time-independet*, misalnya *harmonic*, *periodic*, *impact*, ataupun *random*. Apabila suatu eksitasi dikenakan pada sistem redaman pegas-massa SDOF seperti pada Gambar 1, maka dapat diturunkan persamaan gerak dengan prinsip hukum kedua Newton, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut (Huda, 2014):

$$Mx\ddot{} + Cx + Kx(\dot{t}) = F(t) \quad (1)$$

Dimana M, C, dan K masing-masing adalah matriks massa, redaman, dan kekakuan. F(t) adalah gaya eksitasi yang bekerja pada sistem. Sedangkan $\ddot{x}$, $\dot{x}$ dan x masing masing adalah percepatan, kecepatan dan perpindahan dari struktur.



Gambar 1 Sistem Redaman Pegas-Massa SDOF (Suwondo,2016)

Jika persamaan 1 ditransformasikan kedalam bentuk transformasi *laplace*, maka akan menjadi:

$$(Ms^2 + Cs + K)X(s) = F(s) \quad (2)$$

Dimana s adalah variabel *laplace*. Sehingga dari persamaan 2 didapat respon dari struktur menjadi

$$X(s) = \frac{F(s)}{(Ms^2+Cs+K)} \quad (3)$$

Persamaan 3 memberikan hasil sinyal dalam bentuk Domain Waktu, dimana domain waktu memandang getaran sebagai amplitudo terhadap waktu, yang memberikan fenomena getaran secara fisik saja. Oleh karena itu perlu untuk dikonversi kedalam bentuk domain frekuensi agar didapat informasi berapa banyak sinyal terletak didalam setiap pita frekuensi. Menurut Haque & Uddin, (2011) Salah satu metode untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi adalah metode *Fast Fourier Transform* (FFT), dengan persamaan berikut:

$$X_{fft}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)e^{-i2\pi\omega t}\,dt \quad (4)$$

Data sinyal dalam bentuk domain frekuensi digunakan untuk menganalisa *Frequency Response Function* (FRF). FRF merupakan suatu besaran yang menyatakan perbandingan antara sinyal keluaran dan sinyal masukan dalam domain frekuensi. FRF menunjukkan hubungan antara respon getaran yang terjadi dan gaya eksitasi yang bekerja pada sistem tersebut. Pada sistem mekanik FRF menggambarkan kekakuan dinamiknya yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

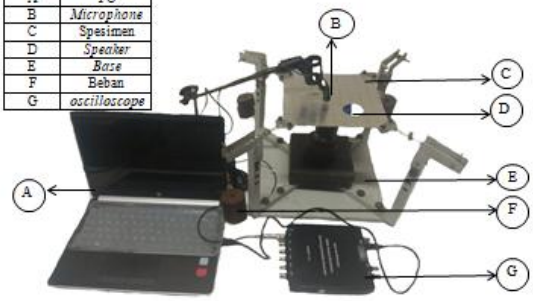
$$X(f) = \frac{X(f)}{Y(f)} \quad (5)$$

Dimana adalah respon frekuensi (FRF), adalah sinyal output sistem dalam domain frekuensi, dan adalah sinyal input sistem dalam domain frekuensi. Persamaan 5 dalam bentuk matriks dapat digunakan untuk memperkirakan bentuk mode pada struktur dinamis.

2.1 *Set-up* Pengujian

Perangkat Set-up pengujian terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu: *base*, *clamp*, massa pemberat, plat alumunium, *microphone condenser*, speaker, *oscilloscope*, dan *personal computer* (PC). Beberapa komponen utama tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

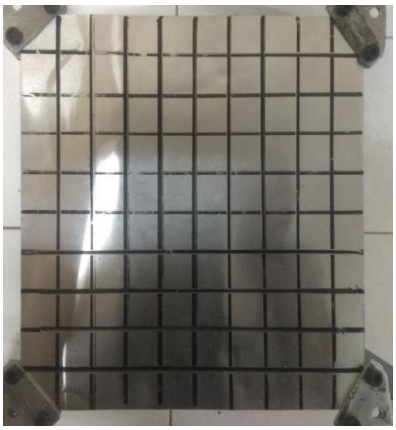
Simbol	Keterangan
A	PC
B	*Microphone*
C	Spesimen
D	*Speaker*
E	*Base*
F	Beban
G	*oscilloscope*



Gambar 2 *Set-up* Pengujian

Base dan tiang penyangga harus cukup kaku sehingga dapat dipastikan tidak ikut bergetar ketika struktur plat diberi eksitasi. Beban pemberat dengan massa 0.7 Kg berfungsi untuk memberikan tarikan pada struktur plat, sehingga plat menjadi cukup kaku. Struktur plat yang digunakan memiliki ketebalan 50 μm. Dimensi spesimen untuk pengujian sebesar 200 mm×200 mm. Spesimen diberi tanda garis dengan interval grid sebesar 20 mm untuk pengujian

sehingga didapat perpotongan garis 11×11, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Plat Alumunium

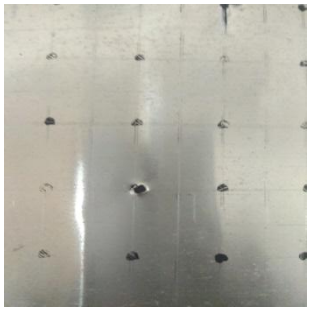
2.2 Prosedur Pengujian Kondisi Normal

Pengujian kondisi normal adalah pengujian pada struktur plat yang belum diberikan kerusakan/cacat, hal ini dilakukan untuk mendapatkan data referensi kondisi awal pengujian sebelum adanya perubahan pada struktur plat. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan eksitasi berupa sinyal impuls pada titik tengah struktur plat kemudian responnya dicuplik pada setiap perpotongan garis 11×11 yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil pencuplikan selanjutnya diproses dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Data domain waktu ditransformasikan menjadi data domain frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).
b. Data domain frekuensi tersebut selanjutnya diproses hingga didapat data *frequency response function* (FRF) dengan menggunakan Persamaan 5.
c. FRF digunakan untuk analisa modus getar dari struktur plat, dengan menyusun matriks pada frekuensi pribadinya.
d. Modus getar yang telah terbentuk diinterpolasi untuk mendapatkan data yang lebih banyak.
e. Modus getar yang telah diinterpolasi selanjutnya ditransformasikan kedalam bentuk *wavelet* 2D-CWT, untuk melihat posisi kerusakannya.

2.3 Prosedur Pengujian dengan 1 Kerusakan

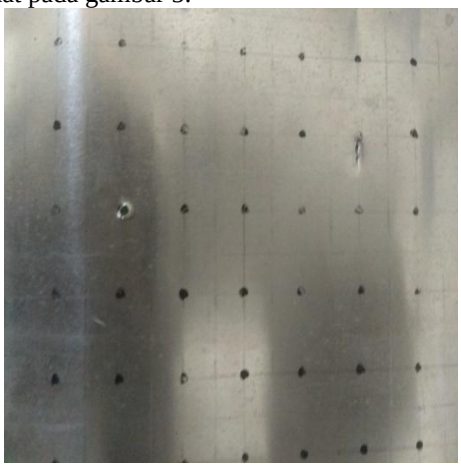
Pengujian dengan menggunakan 1 bentuk kerusakan dilakukan untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan dapat mendeteksi posisi kerusakan pada plat. Prosedur pengujian yang dilakukan sama seperti kondisi normal tetapi plat telah diberi 1 kerusakan. Bentuk kerusakan yang diberikan berupa lubang, seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Rusak Lubang

2.4 Prosedur Pengujian dengan 2 Kerusakan

Pengujian dengan menggunakan 2 bentuk kerusakan dilakukan untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan dapat mendeteksi posisi kerusakan pada plat. Prosedur pengujian yang dilakukan sama seperti kondisi normal tetapi plat telah diberi 2 kerusakan. Bentuk kerusakan yang diberikan berupa lubang dan *I-tear*, seperti yang terlihat pada gambar 5.

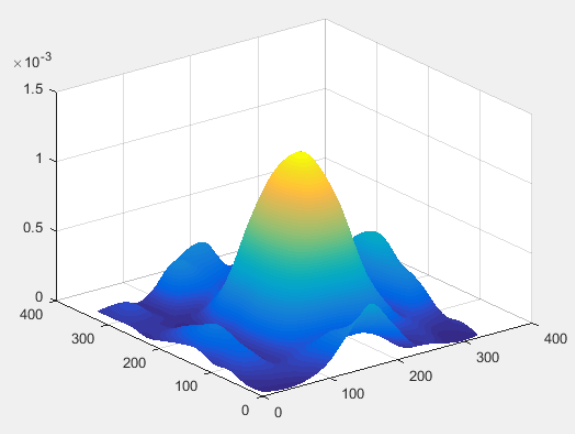


Gambar 5 2 bentuk kerusakan

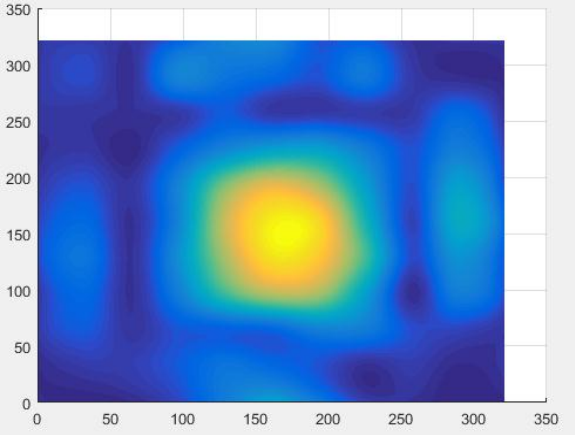
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Kondisi Normal

Hasil pengujian pada kondisi normal dapat dilihat pada gambar 6. Gambar 6(a) merupakan modus getar dari spesimen. Gambar 6(b) menampilkan modus getar dari tampak atas.



6(a)



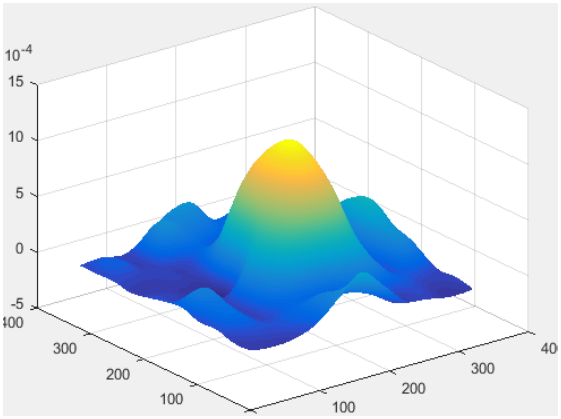
6(b)

Gambar 6 Hasil pengujian kondisi normal (a) modus getar pertama,(b) modus getar tampak atas

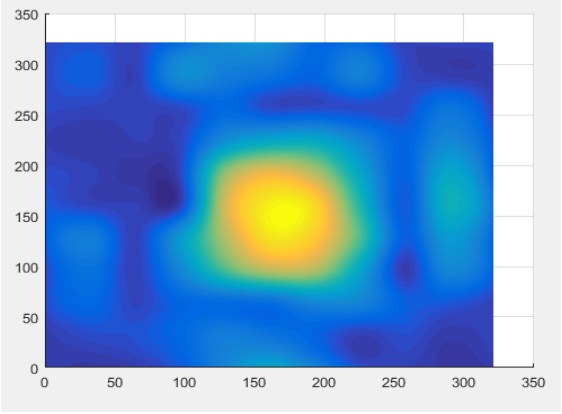
Hasi transformasi *wavelet* mengindikasian keadaan struktur dalam keadaan normal atau tidak ada kerusakan, terlihat dengan tidak adanya koefisien *wavelet* yang dominan pada struktur, kecuali pada bagian tepi spesimen. Dimana sensor menganggap bagian tepi struktur adalah rusak/cacat.

3.2 Pengujian dengan 1 Bentuk Kerusakan

Hasil pengujian dengan bentuk 1 kerusakan lubang dapat dilihat pada gambar 7. Gambar 7(a) merupakan modus getar dari spesimen. Gambar 7(b) menampilkan modus getar dari tampak atas.



7(a)



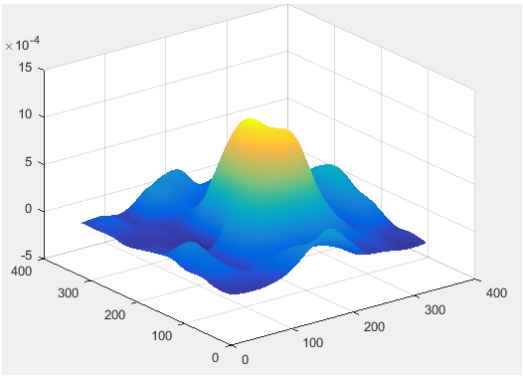
7(b)

Gambar 7 Hasil pengujian dengan 1 bentuk kerusakan (a) modus getar pertama, (b) modus getar tampak atas

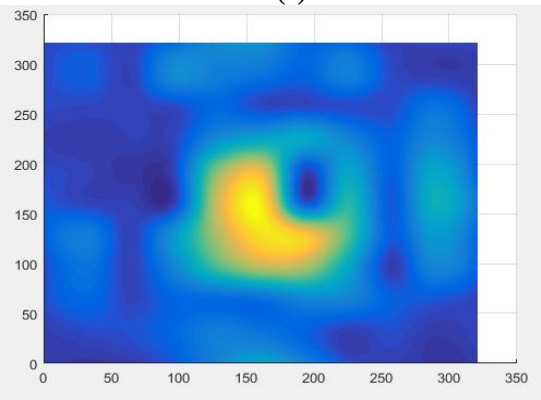
Hasi transformasi *wavelet* mengindikasian keadaan struktur dalam keadaan normal atau tidak ada kerusakan, dari hasil transformasi *wavelet* menunjukkan adanya perubahan koefisien dari struktur yang ditunjukan pada gambar 7(b), dimana nilai koefisien maksimum sesuai dengan posisi kerusakan yang telah ditentukan, maka metode yang digunakan dapat mendeteksi posisi kerusakan. Selanjutnya diterapkan 2 bentuk kerusakan untuk mendeteksi posisi kerusakannya.

3.3 Pengujian dengan 2 Bentuk Kerusakan

Hasil pengujian dengan bentuk 2 kerusakan lubang dan *I-tear* dapat dilihat pada gambar 8. Gambar 8(a) merupakan modus getar dari spesimen. Gambar 8(b) menampilkan modus getar dari tampak atas.



8(a)



8(b)

Gambar 8 Hasil pengujian kondisi normal (a) modus getar pertama,(b) modus getar tampak atas

Hasi transformasi *wavelet* mengindikasian keadaan struktur dalam keadaan normal atau tidak ada kerusakan, dari hasil transformasi *wavelet* menunjukkan adanya perubahan koefisien dari struktur yang ditunjukan pada gambar 8(b), dimana nilai koefisien maksimum sesuai dengan posisi kerusakan yang telah ditentukan, maka metode yang digunakan dapat mendeteksi posisi kerusakan. Namun tidak ada krakteristik yang mengindikasikan perbedaan bentuk kerusakan lubang dan *I-tear*.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode pengujian ini menunjukkan bahwa metode ini mampu untuk mengidentifikasi posisi kerusakan tetapi untuk mengidentifikasi pola kerusakan masih belum mampu.
2. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa sinyal suara mampu menganalisis/ mengidentifikasi kerusakan atau perubahan yang terjadi pada struktur.
3. Hasil pengujian secara simulasi dan eksperimen dengan menggunakan metode yang sama memiliki perbedaan, yaitu perbedaan frekuensi modus getar.

5. Daftar Pustaka

Aurora V,Wijnant YH, de Boer A. *Acoustic-based damage detection method*. Applied Acoustics 80(2014) 23-27.

Afriadi,Yoyong.(2007). Sistem Monitoring Kesehatan Struktur. Universitas Atma Jaya.Yogyakarta.

Feridianto,Febri.(2018). Deteksi Kerusakan Pada Struktur Membran Dengan Menggunakan Sinyal Suara. Universitas Riau. Pekanbaru

Huda, Feblil, Kajiwara, Itsuro, dan Hasoya, Naoki. 2014. *Damage detection in membrane structures using non-contact laser excitation and wavelet transformation*. Journal of Sound and Vibration. 333: 3609–3624.

Huda, Feblil.(2014). *Structural Health Monitoring By Vibration Measurement with Non-Contact Laser Excitation*. Hokkaido University. Japan.