

PENGUKURAN GETARAN TORSIONAL PADA POROS BERPUTAR DENGAN METODE *DIGITAL IMAGE PROCESSING*

Heroe Poernomo ¹⁾

¹⁾ Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
heroe_p@na.its.ac.id

Abstrak

Getaran yang terjadi pada peralatan yang bergerak atau berputar pada umumnya adalah getaran lateral dan getaran torsional. Kedua getaran tersebut sangatlah berpengaruh terhadap umur/ life time alat tersebut. Pada penelitian ini yang dibahas adalah getaran torsional pada poros jenis cantilever yang berputar. Getaran ini jika terjadi terlalu besar maka akan berdampak pada terjadinya puntiran pada poros yang berakibat pada patahnya poros tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut maka pengamatan getaran torsional berlebih yang terjadi pada setiap peralatan perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya getaran sehingga dapat dilakukan langkah antisipasinya.

Percobaan untuk pengambilan data getaran adalah pada poros kantilever yang diputar. Pengukuran dilakukan dengan dua metode yaitu analisa dengan digital image processing dan sudut torsi yang sebenarnya sebagai pembandingnya. Poros diputar dengan mesin pemutar dengan variasi kecepatan yaitu 55 rpm dan 90 rpm serta diameter poros yaitu 10 mm.

Berdasarkan hasil pengambilan data getaran dan hasil analisis dari kedua metode diatas maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa pengukuran getaran dengan metode Digital Image Processing setelah validasi dan dibandingkan dengan alat vibration meter ternyata memiliki selisih nilai yang kecil cenderung sama yaitu selisih kenyataan sebesar 1.0220 pada 55 rpm sedangkan pada putaran poros 90 rpm menghasilkan selisih sudut puntir dari kenyataan sebesar 50, sehingga disimpulkan metode ini dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam pengukuran getaran torsional pada poros kantilever yang berputar.

Kata kunci: *Getaran torsional, Digital Image Processing, citra digital*

1. Pendahuluan

Getaran yang terjadi pada peralatan yang bergerak atau berputar pada umumnya adalah getaran lateral dan getaran torsional. Kedua getaran tersebut sangatlah berpengaruh terhadap umur/*life time* alat tersebut. Pada penelitian ini yang dibahas adalah getaran torsional pada poros jenis *cantilever* yang berputar. Getaran ini jika terlalu besar berdampak pada puntiran poros yang berakibat pada patahnya poros tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut maka pengamatan getaran berlebih yang terjadi pada setiap peralatan perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya getaran sehingga dapat dilakukan langkah antisipasinya. Analisis kualitas struktur sebuah bahan dapat dilakukan dengan mengamati getaran sebuah benda. Pengukuran frekuensi natural adalah salah satu contoh yang biasa dilakukan untuk menentukan kadar kerusakan benda

(kekeroposan) pada aspek *predictive maintenance* peralatan industri [1].

Berdasarkan kondisi tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran getaran dengan metode *Digital Image Processing*. *Digital Image Processing* merupakan suatu metode yang digunakan untuk melakukan proses atau memanipulasi gambar digital yang disimpan dalam skala dua dimensi[2]. Konsep dasar pemrosesan gambar digital (*image processing*) adalah menggunakan kemampuan penglihatan manusia yang selanjutnya dihubungkan dengan kemampuan otak untuk melakukan proses atau pengolahan terhadap gambar digital ini[9]. Metode ini cenderung lebih sederhana dan biaya yang dibutuhkan relatif

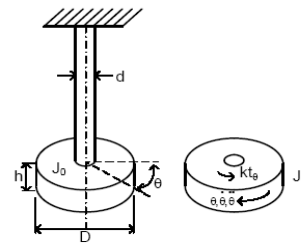
lebih murah jika dibandingkan metode sebelumnya. Getaran pada poros yang dapat diukur tidak terbatas yang didalam bantalan melainkan semua bagian poros. Pada metode ini cukup dibutuhkan kamera pengamat dengan kemampuan FPS (*frame per second*) tertentu yang dipasang didekat alat dan selanjutnya hasil rekaman diolah menjadi gambar-gambar (citra digital) dan selanjutnya dianalisis displacement/simpangan yang terjadi berdasarkan pixel gambar. Beberapa penelitian yang berkenaan dengan metode *digital image processing* menunjukkan hasil yang cukup akurat yaitu dengan tingkat error berkisar antara 0,15 % - 0,89 %, seperti pada penelitian Wijayanto[3].

Aplikasi Penggunaan metode *digital image processing* dalam pengukuran getaran dapat dilakukan pada beberapa jenis objek getar. Salah satu objek getar yang dapat diukur adalah poros jenis *kantilever*, dimana jenis ini banyak terdapat di dunia maritim/kapal seperti pada poros kemudi, poros propeler, poros vertical axis turbine dan lain-lain. Objek getar dalam kasus yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah getaran pada poros *vertical axis turbine* sebagai pembangkit tenaga alternatif arus laut yang sering mengalami patah.

2. Tinjauan Pustaka Getaran Torsional

Jika suatu rigid body beresilasi terhadap suatu sumbu tertentu, maka gerakan yang dihasilkan disebut dengan torsional vibration. Simpangan dari rigid body pada kasus ini berupa koordinat sudut. Momen pengembali (restoring moment) terjadi akibat puntiran pada bagian yang elastis ataupun akibat momen yang tidak seimbang dari suatu gaya atau couple [13]. Gambar 1 menggambarkan sebuah piringan (disk) dengan polar mass moment inertia (J_0) diikat pada suatu poros pejal, dimana pada sisi yang lain poros tersebut diikat. Perputaran sudut piringan terhadap sumbunya adalah θ , dan θ juga merupakan sudut puntiran poros. Menurut teori puntiran poros, diperoleh hubungan sebagai berikut [13].

$$M_t = \frac{GI_0}{l}$$



Gambar 1. Getaran Torsional satu Derajat Kebebasan

Dimana adalah torsi yang menghasilkan puntiran sebesar q , G adalah shear modulus adalah momen inersia polar dari penampang poros

$$I_0 = \frac{\pi d^2}{32}$$

d merupakan diameter poros. Jika piringan tersebut dipindah sebesar q simpangan sudut, maka poros akan mempunyai momen pengembali sebesar \dots . Sehingga bisa dikatakan poros tersebut bekerja layaknya pegas dengan konstanta pegas torsional sebesar:

$$k_t = \frac{M_t}{\theta} = \frac{GI_0}{l} = \frac{\pi Gd^4}{32l}$$

Sama halnya dengan getaran lateral, maka persamaan gerak pada getaran torsional dapat disusun dengan menggunakan prinsip Hukum Newton II. Dengan memperhatikan diagram benda bebas (Gambar 1), maka persamaan gerak untuk getaran torsional bebas tanpa peredam adalah:

$$J_0 \ddot{\theta} + k_t \theta = 0$$

J_0 sendiri untuk model disk (piringan) pada Gambar 1 di atas dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut.

$$J_0 = \frac{\rho h \pi D^4}{32}$$

Penyelesaian umum dari persamaan gerak dari getaran torsional (Persamaan 4) adalah [13]:

$$\theta(t) = \theta_0 \cos \omega_n t + \frac{\dot{\theta}}{\omega_n} \sin \omega_n t$$

Dimana merupakan frekuensi natural sirkular pada sistem torsional. Dan besarnya dapat diperoleh dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_t}{J_0}}$$

Metode Digital Image Processing

Image Processing merupakan suatu metode yang digunakan untuk melakukan proses atau manipulasi gambar digital yang disimpan dalam skala dua dimensi[4]. Konsep dasar pemrosesan gambar digital menggunakan image processing merupakan penerapan kemampuan indera penglihatan manusia dan selanjutnya dihubungkan dengan kemampuan otak manusia untuk melakukan proses atau pengolahan terhadap gambar digital tersebut. Dalam perkembangan hingga saat ini konsep image processing ini dikembangkan dan diaplikasikan dalam berbagai bentuk. Penerapan konsep image processing pada berbagai bidang ilmu pengetahuan memiliki tingkat keberhasilan yang cukup tinggi.

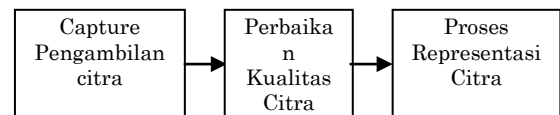
Tujuan utama dari *digital image processing* adalah bagaimana suatu gambar atau citra digital dapat diolah dan dianalisis dengan seksama[5]. Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra, dimana hasilnya adalah informasi citra dimana manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik atau dengan kata lain komputer (mesin) melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas (besaran-besaran ini berupa besaran numerik). Hasil pemrosesan ini diharapkan dapat memberikan suatu informasi yang baru dan lebih bermanfaat dari gambar yang diproses. Klasifikasi dasar yang terdapat dalam image processing berdasarkan batasan pemrosesannya, yaitu: *point*, *area*, *geometri*, dan *frame*[6].

Dasar - dasar Pengolahan Citra

Beberapa hal yang penting di dalam pengolahan citra digital antara lain: teknik-teknik pengambilan citra, model citra digital, sampling dan kuantisasi, threshold, histogram, proses filtering, perbaikan citra sampai pada pengolahan citra digital yang lebih lanjut seperti segmentasi, image clustering dan ekstraksi ciri [7].

Citra digital merupakan representatif dari citra yang diambil oleh mesin dengan bentuk pendekatan berdasarkan sampling dan kuantisasi. sampling menyatakan besarnya kotak-kotak yang disusun dalam baris dan kolom atau dengan kata lain sampling pada citra menyatakan besar kecilnya ukuran pixel (titik) pada citra, dan kuantisasi menyatakan besarnya nilai tingkat

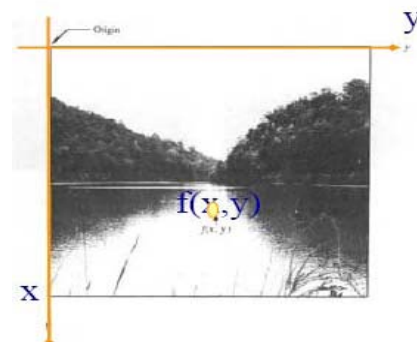
kecerahan yang dinyatakan dalam nilai tingkat keabuan (gray scale) sesuai dengan jumlah bit bin (7) yg digunakan oleh mesin dengan kata lain kuantisasi pada citra menyatakan jumlah warna yang ada pada citra [8]. Proses pengolahan citra secara diagram proses dimulai dari pengambilan citra, perbaikan kualitas citra, sampai dengan pernyataan representatif citra dicitrakan dengan gambar 2. berikut ini.



Gambar 2. Proses pengolahan citra

Model Citra Digital

Citra digital adalah citra yang diambil berdasarkan sampling dan kuantisasi tertentu sehingga citra digital ini terbentuk dari piksel-piksel yang besarnya tergantung pada besar kecilnya sampling dan nilainya (besarnya derajat keabuan) tergantung pada kuantisasi [9]. Berdasarkan pengertian ini maka model citra digital dinyatakan dalam bentuk matrik yang nilainya berupa nilai derajat keabuan seperti terlihat pada citra 3 berikut. Model ini menyatakan model dari citra gray-scale yaitu citra yang terdiri dari derajat keabuan tertentu. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa citra digital adalah citra yang didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dimana x menyatakan nomor baris, y menyatakan nilai kolom, dan f menyatakan nilai derajat keabuan dari citra. Sehingga (x,y) adalah posisi dari piksel dan f adalah nilai derajat keabuan pada titik (x,y) seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Citra digital

Sobel Edge Detection

Sobel edge detection adalah salah satu metode dalam image processing yang berguna untuk mendeteksi tepi (edge) suatu obyek dalam gambar digital. Edge dapat terjadi karena adanya perubahan atau perbedaan (gradien) nilai pixel yang cukup berpengaruh antara suatu pixel yang berada disekitarnya [12]. Berdasarkan pengertian tersebut, penghitungan edge dilakukan pada area disekitar pixel yang ditentukan.

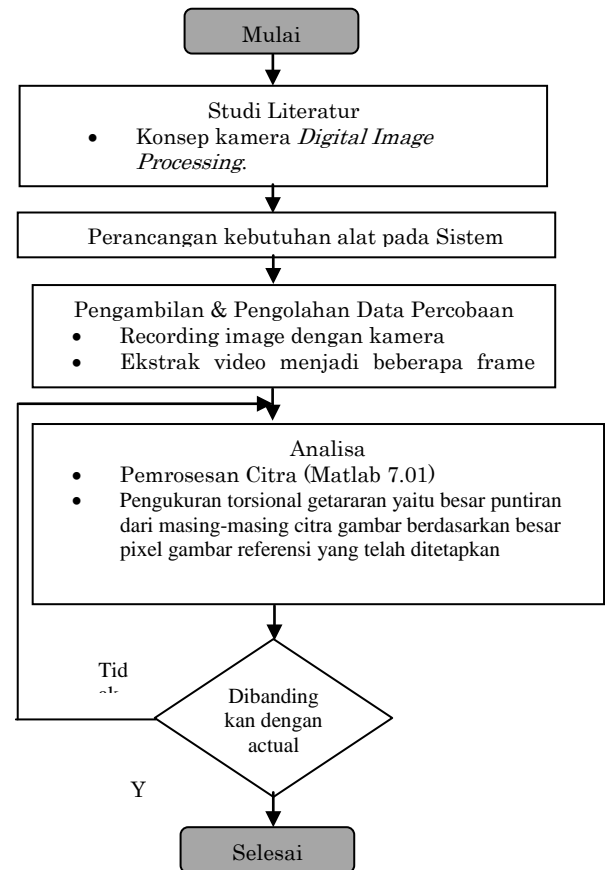
Seleksi objek biasanya selanjutnya dilakukan langkah deteksi tepi dalam proses pengolahan citra, di MATLAB proses pendeteksian tepi dilakukan dengan perintah/fungsi edge. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan pada deteksi tepi menggunakan MATLAB yaitu metode sobel, prewitt, roberts, laplacian of gaussian, metode zero cross, dan Canny. Yang penting diperhatikan pada deteksi tepi bahwa hanya dapat dilakukan menggunakan citra grayscale atau citra 2-D [10].

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan untuk pengambilan data getaran torsional yang terjadi dengan jalan pengukuran getaran secara langsung/metode percobaan dengan alat bantu kamera dan selanjutnya dibandingkan dengan simpangan aktual yang telah dibuat sebelumnya. Kamera perekam yang digunakan memiliki kemampuan 60 fps (*frame per second*) yang dipasang pada sekitar poros *cantilever* berputar. Model uji dan kondisi percobaan sebagai berikut :

- Model yang digunakan adalah poros yang salah satu ujungnya dijepit pada cekam mesin bor.
- Poros diputar dengan beberapa kecepatan berbeda.
- Kamera perekam dipasang didepan poros dan probe vibration-meter dipasang dirumah bantalan untuk mengukur waktu dan sudut puntir yang terjadi.

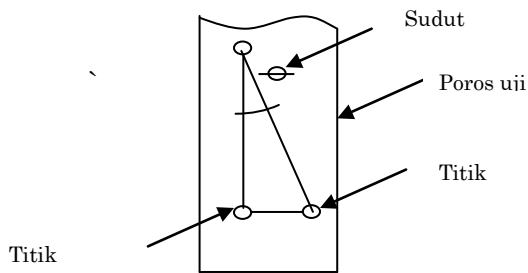
Untuk mendapatkan data-data yang sesuai tujuan percobaan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini antara lain :



Gambar 4. Flowchart penelitian

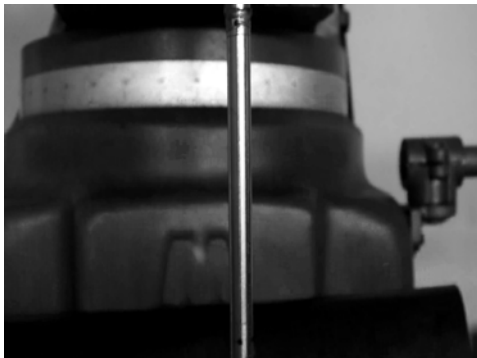
4. Analisis Hasil Eksperimen dan validasi

Getaran torsional terjadi pada poros yang berputar dapat dicari dengan menggunakan image processing. Untuk memvalidasi metode ini dilakukan eksperimen terhadap poros *cantilever* yang diberi tanda titik normal dan titik seakan tertinggal beberapa derajat dalam hal ini dibuat 23° . Panjang titik atas dan bawah posisi normal adalah 100 mm Pemberian titik ini bertujuan untuk menggambarkan seolah-olah terdapat pengaruh puntiran karena poros yang berputar seperti terlihat pada gambar 9 berikut ini:



Gambar 5. Metode validasi getaran torsional

Selanjutnya poros diputar dengan putaran 55 rpm dan direkam untuk mengetahui berapa jumlah gambar dan waktu untuk 1 putaran dan waktu yang dibutuhkan oleh titik yang seolah tertinggal sampai keposisi titik normal. Berikut ini gambar 10 cara validasi getaran torsional pada poros cantilever



Gambar 6. Validasi getaran torsional poros

Berdasarkan analisa dari hasil rekaman gambar selama 30 detik dapat menghasilkan 1800 gambar, maka waktu yang diperlukan setiap perpindahan gambar adalah 1/60 detik. Pada titik normal untuk satu putaran dari titik awal sampai kembali ke posisi awal terdapat 17 gambar, waktu yang diperlukan 1 putaran adalah 0,2833 detik. Untuk titik yang seolah terpuntir menuju ke titik normal terdapat 4 gambar sehingga waktu yang diperlukan 0,0666 detik. Selanjutnya dibandingkan dengan kondisi putaran mesin sebesar 55 rpm. Dirubah dalam bentuk per detik sebesar $55/60 = 0.9166$ rps
 Berarti dalam 1 putaran = $1/0.9166 = 1.0909$ detik
 $1 \text{ putaran} = 360^{\circ}$
 $1 \text{ detik} = 360^{\circ}/1.0909 = 330^{\circ}$
 Maka dapat dihitung dengan waktu dari titik normal ke titik yang terpuntir sebesar 0.0666 detik maka sudut yang terjadi adalah $0.0666 \times 330^{\circ} = 21,978^{\circ}$

Terdapat selisih sekitar 1.022° dari kenyataan yang di poros sebesar 23° . Kondisi ini disebabkan kemungkinan karena kesalahan pembacaan pixel titik saat proses image processing . Namun secara umum dapat disimpulkan hasil validasi getaran torsional metode image processing masih dalam toleransi sesuai.

Selanjutnya dibandingkan dengan kondisi putaran yang lebih besar yaitu 90 rpm dan terjadi 2 gambar . Dirubah dalam bentuk per detik sebesar $90/60 = 1.5$ rps
 Berarti dalam 1 putaran = $1/1.5 = 0.6666666$ detik
 $1 \text{ putaran} = 360^{\circ}$
 $1 \text{ detik} = 360^{\circ}/0.6666666 = 540^{\circ}$
 Maka dapat dihitung dengan waktu dari titik normal ke titik yang terpuntir sebesar $1/60 \times 2 = 0.03333$ detik maka sudut yang terjadi adalah $0.03333 \times 540 = 17.999^{\circ}$
 Terdapat selisih sekitar 5.001° dari kenyataan yang di poros sebesar 23° .

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis kondisi diatas maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa pengukuran getaran dengan metode *Digital Image Processing* setelah divalidasi dan dibandingkan dengan alat *vibration-meter* memiliki kecenderungan nilai yang sama, sehingga disimpulkan dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam pengukuran simpangan getaran pada poros yang berputar.

Berdasarkan hasil analisis validasi getaran torsional poros berputar, metode image processing mampu membaca getaran (sudut puntiran) yang terjadi dengan selisih kenyataan sebesar 1.022° pada 55 rpm sedangkan pada putaran poros 90 rpm menghasilkan selisih sudut puntir dari kenyataan sebesar 5° .

Daftar Pustaka

- [1] Nogueira F.M.A, Barbosa F.S.. *Evaluation of Structural Natural Frequencies Using Image Processing*, 2nd Ed. Juiz de Fora, Brazil, 2000.
- [2] Gonzalez R. C., Woods R. E.. *Digital Image Processing*. 2nd edition. Prentice Hall, 2002.
- [3] Hendry Wjayanto, *Aplikasi Interferometer Digital untuk Mendeteksi Frekuensi Natural Benda*, Tugas Akhir Teknik Fisika, Surabaya, 2009.
- [4] Bima Sena Bayu Dewantara. *Image Prosesing dan Aplikasinya*. Pelatihan image prosesing, Surabaya, 2006.
- [5] Anil K.Jain. *Fundamental of Digital Image processing*. Prentice Hall, Englewood, New Jersey, 1989.
- [6] Shashi Prakash, Sanjay U. *Real Time Out-of-Plane Vibration Measurement/ Monitoring Using Talbot*.
- [7] *Interferometry*. Journal of Optic sect laser application and holography laboratory, in press, accepted 11 July 2004.
- [8] Pratt, W.K. *Digital Image Processing*, 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York, NY, 1991.
- [9] John C. Russ. *The Image Processing Handbook*, Third Edition. CRC Press, CRC Press LLC, 1998.
- [10] Marvin Wijaya, *Pengolahan Citra Digital Menggunakan MATLAB*, Informatika, Bandung, November, 2007.
- [11] Ryall T.G., C.S. Fraser,. *Determination of structural modes of vibration Using Digital Photogrammetry*. Journal of Aircraft, vol.39, 2002.
- [12] Wahyu R.B., *Motion Detection Using Image Subtraction and Edges Detection*, Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir XVII, Agustus, 2006
- [13] Rao, S.S., *Mechanical Vibration I*, 3rd ed., Addison-Wesley Publishing Co., Inc. 1995