

PENGGUNAAN KAMERA VIDEO SEBAGAI ALTERNATIF ALAT UKUR GETARAN LATERAL PADA PERMESINAN DI KAPAL

Heroe Poernomo
Jurusan Teknik Permesinan Kapal PPNS-ITS Surabaya

Abstrak

General method which often used in measuring lateral vibration in the ship is vibration-meter. This method has some limitation like complicated, high cost, just can measure vibration at house of bearing and cannot measure vibration at shaft which rotated.

Other limitation is the optimum censored at high rotation up to 600 rpm. Based on the above condition, this research conducted the vibration measurement with the alternative method, that is Digital Image Processing. This method is simple and expense required cheaper if compared to previous method. Vibration which can be measured not limited at house of bearing but it can at all of shaft and can be used at object with the lower rotation. This method just use camera to record vibration object and then analyse all frames of picture to know displacement value by matlab software. Experiments to get vibration data at berputar shaft with use 2 methods, there are digital image processing and vibration-meter as validation.

The shaft with diameter 5 mm and 10 mm rotate at drilling machine with 280 rpm and 550 rpm. The vibration data take by two methods together in the spanning same time. Based on result of analysis vibration data from second methods can be pulled a conclusion that vibration measurement with the Digital Image Processing after validation and compared to vibration-meter have tend the same value, so the Digital Image Processing method can be used as alternative method in measurement of vibration at berputar shaft rotate.

Key word : *Vibration-meter, Digital Image Processing, Displacement value.*

PENDAHULUAN

Kamar mesin sebagai pusat penempatan semua peralatan penggerak kapal memberikan kontribusi yang paling besar terhadap getaran yang terjadi di kapal. Getaran yang terjadi dapat berupa getaran lateral dan getaran torsional, dimana getaran lateral yang terjadi pada peralatan akan sangat mempengaruhi terhadap tingkat kenyamanan kapal, umur alat dan kebisingan. Mengingat besarnya dampak getaran tersebut maka diperlukan pengukuran besarnya getaran lateral yang terjadi agar masih dapat dijaga dalam batas toleransi yang disyaratkan oleh klas.

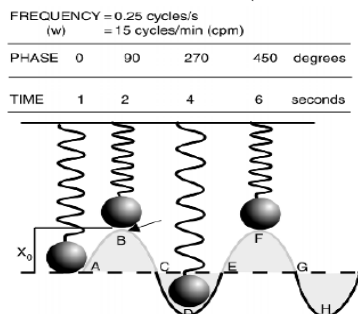
Metode umum yang banyak dilakukan dalam pengukuran ini adalah dengan pemasangan sensor/transduser pada bagian alat yang bergetar sehingga sinyal getar dapat dirubah transduser menjadi sinyal listrik dan selanjutnya diolah oleh perangkat interface untuk dapat ditampilkan hasil pengukuran getaran dalam komputer atau layar *lcd*. Metode diatas cukup rumit dan cenderung memerlukan biaya yang besar, sehingga tidak heran jika perangkat pengukur getaran/*vibration meter*

buatan industri harganya sangat mahal. Selain itu penggunaan alat ukur getaran diatas dalam pengukurannya hanya bisa dipasang pada bearing pencekam sehingga getaran yang terukur terbatas pada bagian poros yang berada didalam bearing. Berdasarkan kondisi tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran getaran dengan metode *Digital Image Processing* yaitu pengukuran getaran lateral dengan menggunakan kamera video perekam. 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 bearing melainkan semua bagian poros. Pada metode ini hanya 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 dianalisa displacement/simpangan yang terjadi berdasarkan pixel gambar.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Alami Getaran

Dengan mengacu pada sistem massa pegas bahwa dalam mempelajari karakteristik getaran, bisa dilakukan dengan menggambarkan pergerakan dari massa benda tersebut ke dalam fungsi waktu (Gambar 1). Gerakan benda dari posisi kesetimbangan (*neutral position*) ke atas (*top limit*), kembali ke posisi kesetimbangan dan ke bawah (*bottom limit*) serta kembali lagi ke posisi kesetimbangan menunjukkan suatu siklus gerakan. 1 (satu) siklus gerakan ini mengandung banyak informasi yang diperlukan untuk mengukur getaran dari sistem tersebut. Sedangkan gerakan lanjutannya, secara sederhana merupakan pengulangan dari siklus yang serupa (Girdhar, 2004). Gerakan ini disebut dengan periodik dan harmonik, dimana hubungan antara simpangan (*displacement*) dengan waktu digambarkan dalam persamaan sinusoidal (Persamaan 1).



Gambar 1 Gerakan Harmonik Sederhana

$$X = X_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

Dimana:

X = simpangan pada waktu tertentu

X_0 = simpangan maksimum (amplitudo)

ω = frekuensi angular [rad/s]
= $2 \cdot \pi \cdot f$

f = frekuensi [cyclus/s – hertz – Hz]

t = waktu [second]

Ketika benda bergerak naik turun, maka besarnya kecepatan (*velocity*) berubah dari nol (0) menjadi maksimum. Demikian juga dengan besarnya percepatan (*acceleration*), yang berubah secara bervariasi. Untuk mengetahui besarnya kecepatan dan percepatan, dapat dilakukan dengan menurunkan persamaan simpangan, dimana turunan pertama berupa kecepatan dan turunan kedua berupa percepatan. (William, 1992).

$$velocity = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

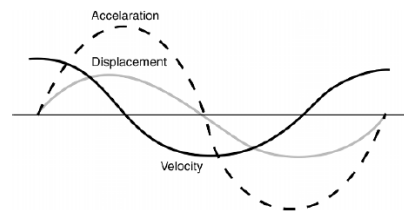
$$= X_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$$

$$acceleration \quad (3)$$

$$= \frac{d(velocity)}{dt}$$

$$= -X_0 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

Dengan mengacu pada ketiga persamaan di atas, bahwa simpangan merupakan kurva sinus, kecepatan merupakan kurva kosinus dan percepatan merupakan kurva sinus. Hubungan ketiga kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. (William, 1992)



Gambar 2 Hubungan fase simpangan, kecepatan dan percepatan

Digital Image Processing

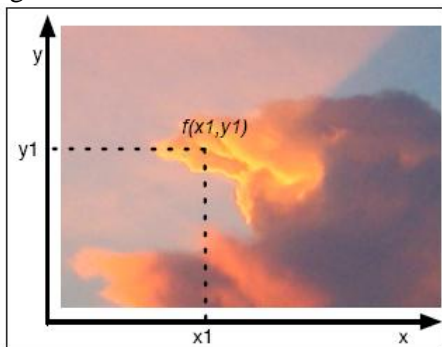
Minat terhadap bidang citra digital dimulai pada awal tahun 1921, yaitu dengan ditransmisikannya secara digital sebuah foto melalui kabel laut dari kota New York ke kota London. Foto tersebut dikirim lewat telegraf dalam bentuk kode digital kemudian diubah kembali dengan printer telegraf. Sebuah citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya scanner, kamera digital, dan handycam. Ketika sebuah citra sudah diubah ke dalam bentuk digital (selanjutnya disebut citra digital), bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut.

Image Processing merupakan suatu metode yang digunakan untuk melakukan proses atau manipulasi gambar digital yang disimpan dalam skala dua dimensi (Dewantara, 2006). Tujuan utama dari *digital image processing* adalah bagaimana suatu gambar atau citra digital dapat diolah dan dianalisa dengan seksama (Jain, 1989). 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.

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 (Pratt, 1991). Berdasarkan pengertian ini maka model citra digital dinyatakan dalam bentuk matrik yang nilainya berupa nilai derajat keabuan seperti terlihat pada citra 2.6 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 (Gonzales, 2000). Edge dapat terjadi karena adanya perubahan atau perbedaan (gradien) nilai pixel yang cukup berpengaruh antara suatu pixel yang berada disekitarnya. Berdasarkan pengertian tersebut, penghitungan edge dilakukan pada area disekitar pixel yang ditentukan.

Secara umum perhitungan sobel edge detection dari suatu objek dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Sobel horisontal, dimana pencarian edge dilakukan searah sumbu x gambar.

Sobel horisontal bertujuan untuk mendapatkan edge dari suatu objek secara horisontal (sejajar dengan sumbu x). Edge sendiri terjadi karena adanya perubahan nilai pixel secara drastis, sehingga untuk mendapatkan objek secara horisontal terdapat dua macam cara yang dipakai, sobel horisontal dengan perubahan nilai pixel dari terang ke gelap bernilai negatif dan sobel horisontal dengan perubahan nilai pixel dari terang ke gelap bernilai positif.

| | | |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

Gambar 4 Operator sobel horisontal negatif

| | | |
|---|---|----|
| 1 | 0 | -1 |
| 2 | 0 | -2 |
| 1 | 0 | -1 |

Gambar 5 Operator sobel horisontal positif

2. Sobel vertikal, dimana pencarian edge dilakukan searah sumbu y gambar

Sobel vertikal bertujuan untuk mendapatkan edge dari suatu objek secara vertikal (sejajar dengan sumbu y). Edge sendiri terjadi karena adanya perubahan nilai pixel secara drastis, sehingga untuk mendapatkan objek secara vertikal terdapat dua macam cara yang dipakai, sobel vertikal dengan perubahan nilai pixel dari terang ke gelap bernilai negatif dan sobel horisontal dengan perubahan nilai pixel dari terang ke gelap bernilai positif

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |

Gambar 6 Operator sobel vertikal negatif

| | | |
|----|----|----|
| 1 | 2 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -2 | -1 |

Gambar 7 Operator sobel vertikal positif

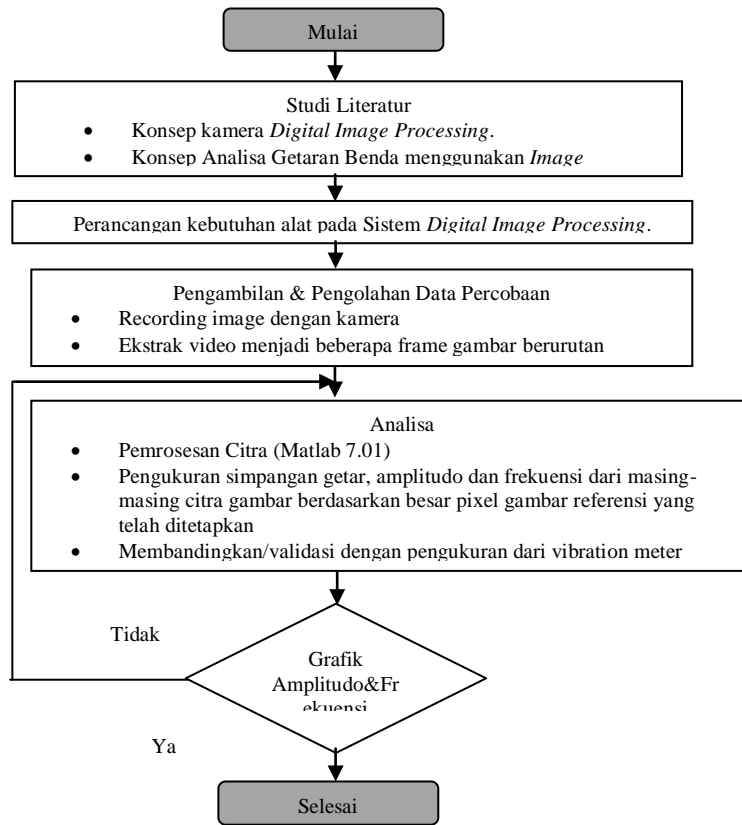
Seleksi objek biasanya selanjutnya dilakukan langkah deteksi tepi dalam proses pengolahan citra, di MATLAB proses pendeteksian tepi dilakukan dengan perintah/fungsi `edge`. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan pada deteksi tepi menggunakan MATLAB yaitu

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 (Iqbal, M, 2009).

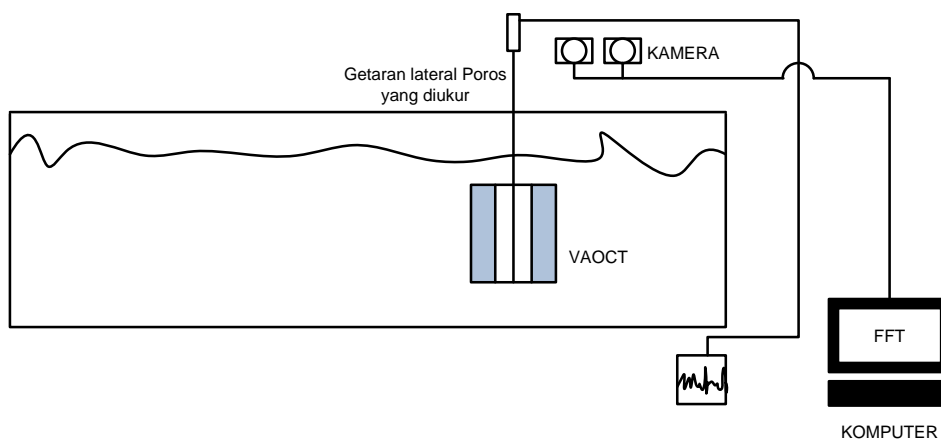
METODOLOGI PENELITIAN

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



Gambar 8 Flowchart penelitian

Adapun gambar skema percobaan dalam pengambilan data seperti pada gambar 9 berikut;



Gambar 9. Penempatan alat uji coba

ANALISA DAN PEMBAHASAN

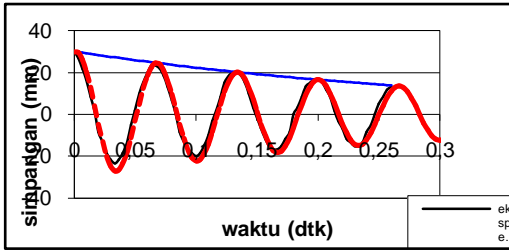
Data dan hasil perhitungan getaran lateral pada batang jepit dengan simpangan awal 30 mm adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Perhitungan Getaran simpangan awal 30 mm

Reference Point = 190 120

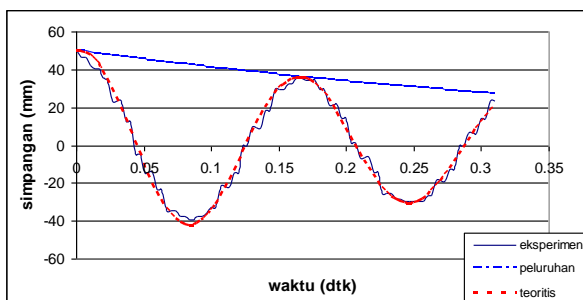
| wkt | No Frame | Pixel | | Displacement | | luruh | teori |
|----------|-------------|-------|-----|--------------|-----------|----------|----------|
| | | X | Y | pixel | mm | | |
| 0 | 722 | 190 | 138 | 18 | 30.00001 | 30 | 29.64095 |
| 0.003333 | 723 | 190 | 136 | 16 | 26.66667 | 29.70261 | 29.31778 |
| 0.006666 | 724 | 190 | 133 | 13 | 21.66667 | 29.40817 | 26.12331 |
| 0.009999 | 725 | 190 | 130 | 10 | 16.66667 | 29.11665 | 20.42772 |
| 0.013332 | 726 | 190 | 125 | 5 | 8.333335 | 28.82801 | 12.83942 |
| 0.016665 | 727 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 28.54224 | 4.140572 |
| 0.019998 | 728 | 190 | 115 | -5 | -8.333334 | 28.2593 | -4.79309 |
| 0.023331 | 729 | 190 | 112 | -8 | -13.3333 | 27.97917 | -13.08 |
| 0.026664 | 730 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 27.70181 | -19.9196 |
| 0.029997 | 731 | 190 | 107 | -13 | -21.6667 | 27.4272 | -24.6691 |
| 0.03333 | 732 | 190 | 106 | -14 | -23.3333 | 27.15532 | -26.9035 |
| 0.036663 | 733 | 190 | 107 | -13 | -21.6667 | 26.88613 | -26.4531 |
| 0.039996 | 734 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 26.61961 | -23.4151 |
| 0.043329 | 735 | 190 | 112 | -8 | -13.3333 | 26.35573 | -18.1387 |
| 0.046662 | 736 | 190 | 117 | -3 | -5 | 26.09446 | -11.186 |
| 0.049995 | 737 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 25.83579 | -3.27249 |
| 0.053328 | 738 | 190 | 126 | 6 | 10 | 25.57968 | 4.806096 |
| 0.056661 | 739 | 190 | 129 | 9 | 15 | 25.32611 | 12.25357 |
| 0.059994 | 740 | 190 | 132 | 12 | 20 | 25.07505 | 18.35137 |
| 0.063327 | 741 | 190 | 134 | 14 | 23.33334 | 24.82648 | 22.52761 |
| 0.06666 | 742 | 190 | 134 | 14 | 23.33334 | 24.58038 | 24.41026 |
| 0.069993 | 743 | 190 | 133 | 13 | 21.66667 | 24.33671 | 23.85979 |
| 0.073326 | 744 | 190 | 131 | 11 | 18.33334 | 24.09546 | 20.97823 |
| 0.076659 | 745 | 190 | 128 | 8 | 13.33334 | 23.85661 | 16.0944 |
| 0.079992 | 746 | 190 | 124 | 4 | 6.666668 | 23.62012 | 9.727169 |
| 0.083325 | 747 | 190 | 120 | 0 | 0 | 23.38597 | 2.530785 |
| 0.086658 | 748 | 190 | 115 | -5 | -8.33334 | 23.15415 | -4.77204 |
| 0.089991 | 749 | 190 | 112 | -8 | -13.3333 | 22.92462 | -11.4624 |
| 0.093324 | 750 | 190 | 110 | -10 | -16.6667 | 22.69737 | -16.8957 |
| 0.096657 | 751 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 22.47237 | -20.5634 |
| 0.09999 | 752 | 190 | 108 | -12 | -20 | 22.2496 | -22.1403 |
| 0.103323 | 753 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 22.02904 | -21.513 |
| 0.106656 | 754 | 190 | 111 | -9 | -15 | 21.81067 | -18.7864 |
| 0.109989 | 755 | 190 | 114 | -6 | -10 | 21.59446 | -14.2697 |
| 0.113322 | 756 | 190 | 118 | -2 | -3.33333 | 21.38039 | -8.4414 |
| 0.116655 | 757 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 21.16845 | -1.89953 |
| 0.119988 | 758 | 190 | 125 | 5 | 8.333335 | 20.95861 | 4.699738 |
| 0.123321 | 759 | 190 | 129 | 9 | 15 | 20.75084 | 10.70751 |
| 0.126654 | 760 | 190 | 131 | 11 | 18.33334 | 20.54514 | 15.54577 |
| 0.129987 | 761 | 190 | 132 | 12 | 20 | 20.34148 | 18.76269 |
| 0.13332 | 762 | 190 | 132 | 12 | 20 | 20.13983 | 20.0745 |
| 0.136653 | 763 | 190 | 131 | 11 | 18.33334 | 19.94019 | 19.39003 |
| 0.139986 | 764 | 190 | 129 | 9 | 15 | 19.74252 | 16.81583 |
| 0.143319 | 765 | 190 | 126 | 6 | 10 | 19.54681 | 12.64186 |
| 0.146652 | 766 | 190 | 122 | 2 | 3.333334 | 19.35305 | 7.309373 |
| 0.149985 | 767 | 190 | 119 | -1 | -1.66667 | 19.1612 | 1.364634 |

| | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|------|-----------|----------|----------|
| 0.153318 | 768 | 190 | 116 | -4 | -6.66667 | 18.97125 | -4.59677 |
| 0.156651 | 769 | 190 | 113 | -7 | -11.66667 | 18.78319 | -9.98938 |
| 0.159984 | 770 | 190 | 111 | -9 | -15 | 18.597 | -14.2951 |
| 0.163317 | 771 | 190 | 110 | -10 | -16.66667 | 18.41264 | -17.1127 |
| 0.16665 | 772 | 190 | 110 | -10 | -16.66667 | 18.23012 | -18.1951 |
| 0.169983 | 773 | 190 | 111 | -9 | -15 | 18.0494 | -17.4702 |
| 0.173316 | 774 | 190 | 113 | -7 | -11.66667 | 17.87048 | -15.0448 |
| 0.176649 | 775 | 190 | 115 | -5 | -8.33334 | 17.69333 | -11.1905 |
| 0.179982 | 776 | 190 | 120 | 0 | 0 | 17.51794 | -6.31385 |
| 0.183315 | 777 | 190 | 122 | 2 | 3.333334 | 17.34428 | -0.91368 |
| 0.186648 | 778 | 190 | 125 | 5 | 8.333335 | 17.17235 | 4.469643 |
| 0.189981 | 779 | 190 | 128 | 8 | 13.33334 | 17.00212 | 9.308045 |
| 0.193314 | 780 | 190 | 129 | 9 | 15 | 16.83358 | 13.13737 |
| 0.196647 | 781 | 190 | 130 | 10 | 16.66667 | 16.66671 | 15.60165 |
| 0.19998 | 782 | 190 | 130 | 10 | 16.66667 | 16.50149 | 16.48594 |
| 0.203313 | 783 | 190 | 129 | 9 | 15 | 16.33791 | 15.73461 |
| 0.206646 | 784 | 190 | 127 | 7 | 11.66667 | 16.17595 | 13.45368 |
| 0.209979 | 785 | 190 | 125 | 5 | 8.333335 | 16.0156 | 9.897201 |
| 0.213312 | 786 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 15.85684 | 5.439425 |
| 0.216645 | 787 | 190 | 118 | -2 | -3.33333 | 15.69965 | 0.535686 |
| 0.219978 | 788 | 190 | 116 | -4 | -6.66667 | 15.54402 | -4.32389 |
| 0.223311 | 789 | 190 | 113 | -7 | -11.66667 | 15.38993 | -8.6632 |
| 0.226644 | 790 | 190 | 112 | -8 | -13.3333 | 15.23737 | -12.0666 |
| 0.229977 | 791 | 190 | 111 | -9 | -15 | 15.08633 | -14.2184 |
| 0.23331 | 792 | 190 | 111 | -9 | -15 | 14.93677 | -14.9322 |
| 0.236643 | 793 | 190 | 112 | -8 | -13.3333 | 14.78871 | -14.1662 |
| 0.239976 | 794 | 190 | 115 | -5 | -8.33334 | 14.64211 | -12.0249 |
| 0.243309 | 795 | 190 | 117 | -3 | -5 | 14.49696 | -8.74547 |
| 0.246642 | 796 | 190 | 120 | 0 | 0 | 14.35325 | -4.67236 |
| 0.249975 | 797 | 190 | 123 | 3 | 5.000001 | 14.21097 | -0.221 |
| 0.253308 | 798 | 190 | 125 | 5 | 8.333335 | 14.07009 | 4.164248 |
| 0.256641 | 799 | 190 | 127 | 7 | 11.66667 | 13.93062 | 8.054242 |
| 0.259974 | 800 | 190 | 128 | 8 | 13.33334 | 13.79252 | 11.07693 |
| 0.263307 | 801 | 190 | | -120 | -200 | 13.6558 | 12.95274 |
| 0.26664 | 802 | 190 | | -120 | -200 | 13.52043 | 13.52016 |
| 0.269973 | 803 | 190 | | -120 | -200 | 13.3864 | 12.74933 |
| 0.273306 | 804 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 13.2537 | 10.74229 |
| 0.276639 | 805 | 190 | 109 | -11 | -18.3333 | 13.12232 | 7.720441 |
| 0.279972 | 806 | 190 | 113 | -7 | -11.66667 | 12.99224 | 4.000407 |
| 0.283305 | 807 | 190 | 113 | -7 | -11.66667 | 12.86345 | -0.0389 |
| 0.286638 | 808 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 12.73593 | -3.9947 |
| 0.289971 | 809 | 190 | 121 | 1 | 1.666667 | 12.60968 | -7.48036 |



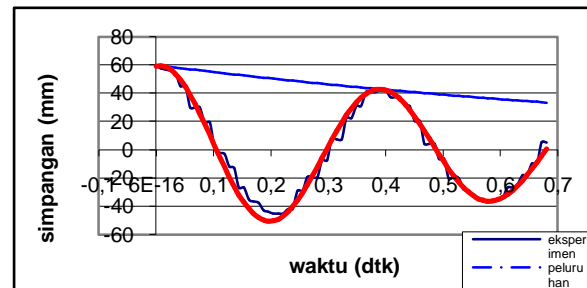
Gambar 10 Grafik getaran dengan simpangan awal 30 mm

Tampak dalam grafik getaran bebas hasil eksperimen (*metode digital image processing*) berwarna hitam diatas dengan simpangan awal sebesar 30 mm, tampak seiring bertambahnya waktu simpangan getaran terus menurun menjadi 24.5 mm, 16.5 mm sampai pada akhirnya akan menjadi 0 kembali jika grafik diteruskan, hal ini disebabkan batang sudah dalam kondisi tidak bergetar. Kondisi ini sesuai dengan grafik peluruhan getaran bebas dari hasil perhitungan secara teoritis seperti ditunjukkan pada garis grafik warna biru. Apabila grafik hasil eksperimen dibandingkan dengan grafik getaran hasil perhitungan yang berwarna merah maka tampak kedua grafik hampir berhimpit. Kondisi ini disebabkan terdapat beberapa titik yang tidak sama persis seperti pada ujung lembah pertama teoritis sebesar -25.9 mm dan hasil eksperimen -24,6 mm sehingga dalam persen slisih error sebesar 4.8%, ini karena metode image processing tidak dapat menangkap semua titik getar pada objek yang bergetar karena keterbatasan kemampuan kamera. Periode getaran yang terjadi antara hasil eksperimen dan hasil teoritis perhitungan mendekati sama yaitu sekitar 0.06667 detik dan frekwensinya juga hampir sama sebesar 14.999925 Hz. Untuk batang dijepit yang diberi simpangan awal 50 mm menghasilkan karakteristik grafik getaran yang hampir sama seperti pada gambar 11 berikut ini:



Gambar 11. Grafik getaran dengan simpangan awal 50 mm

Dari grafik pada gambar dia atas fenomena atau karakteristik getaran yang terjadi hampir sama dengan grafik getaran sebelumnya yaitu mengalami penurunan simpangan sesuai dengan grafik hasil perhitungan getaran berosilasi. Grafik hasil eksperimen dan grafik hasil perhitungan teori tampak hampir berhimpit dan beberapa titik saling tumpang tindih. Namun pada awal lembah terdapat sedikit perbedaan yaitu teoritis -41.8 mm dan hasil eksperimen -39.9 mm, dalam persen error sebesar 2.15%. Pada grafik hasil eksperimen tidak begitu halus karena titik-titik perekaman getaran terbatas hanya 1/60 detik sehingga terdapat beberapa momen getaran yang tidak terekam. Yang membedakan antara grafik simpangan awal 30 mm dengan 50 mm adalah periode yang terjadi pada simpangan awal 50 mm lebih lama yaitu 0.163317 detik dan frekuensi getarannya lebih rendah yaitu sebesar 6.12 Hz. Pada batang dijepit yang diberi simpangan sebesar 60 mm menghasilkan grafik getaran bebas yang berosilasi sebagai berikut:



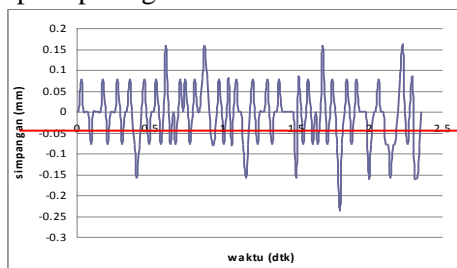
Gambar 12. Grafik getaran dengan simpangan awal 60 mm

Pada grafik getaran diatas tampak simpangan awal saat diregangkan sebesar 60 mm kemudian pada fase selanjutnya besarnya menurun menjadi sekitar 45 mm hingga suatu saat kembali lagi pada posisi 0 jika diteruskan. Kondisi tersebut sesuai dengan grafik peluruhan getaran osilasi dari hasil perhitungan dan sesuai juga dengan kondisi riil bahwa batang akan bergetar saat diberi gaya sampai kemudian akan berhenti kembali jika gaya yang bekerja pada batang telah hilang. Perbandingan antara grafik hasil eksperimen dengan hasil teori perhitungan pada dasarnya hampir sama, namun pada dasar lembah pertama tampak hasil perhitungan lebih rendah dengan nilai sekitar -48,5 mm sedangkan hasil eksperimen hanya -45 mm sehingga persen error sebesar 7,2%. Hal ini disebabkan oleh

keterbatasan kemampuan perekaman dari kamera yang hanya mampu merekam gambar 60 *frame per second* . Pada grafik getaran antara hasil eksperimen dan perhitungan teoritis terlihat bahwa periode yang diperlukan untuk satu getaran sama sebesar 0,4 detik, sehingga frekwensi getaran tersebut dapat dihitung sebesar 2,5 Hz. Besar frekuensi jika dibanding dengan simpangan awal yang lebih kecil tampak paling rendah dan periosenya juga tampak lebih lama. Kondisi ini dikarenakan semakin besar simpangan awal yang diberikan maka getaran yang terjadi disekitar titik kesetimbangan semakin sedikit. Semua Grafik getaran batang yang dijepit diatas cenderung membentuk grafik getaran sinusoidal.

Pengukuran getaran pada poros berputar

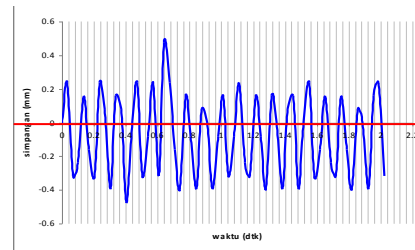
Getaran yang terjadi pada poros berputar pada putaran 280 rpm yang diukur pada rumah bantalan dengan dua metode yaitu digital image processing dan *vibration meter* terlihat seperti pada gambar 13 berikut ini:



Gambar 13 Getaran pada rumah bantalan 280 rpm dengan *Digital Image Processing*

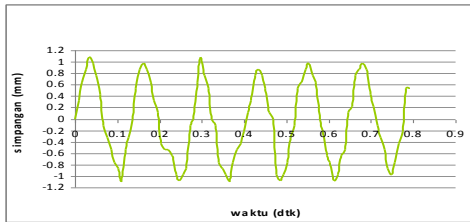
Pada diatas terlihat bahwa hasil pengukuran getaran pada rumah bantalan pada poros 10 mm putaran 280 rpm dengan dua metode saat pengukuran detik ke-0 sampai detik 2,5 memiliki tren yang sama yaitu cenderung naik. Nilai simpangan getaran hasil pengukuran dengan metode digital image berkisar 0.05 mm sampai 0.1 mm dengan nilai rata-rata 0.075 mm, sedangkan pada hasil dari pengukuran *vibration-meter* simpangan getar yang terjadi sebesar 0.04 mm. Pada grafik hasil pengukuran getaran dengan metode *image processing* tampak naik turun, ini menunjukkan getaran lateral yang terjadi. Pada nilai pengukur besar simpangan kedua metode tampak sedikit berbeda yaitu lebih besar dengan image processing dengan selisih rata-rata 0.035 mm, yang berarti memiliki selisih nilai yang cukup kecil.

Perbandingan grafik getaran pada pengukuran di rumah bantalan dan di poros 5 mm dan putaran 550 rpm terlihat pada Gambar 14 berikut ini:



Gambar 14. Getaran pada poros 550 rpm dengan *Digital Image Processing*

Dari gambar grafik di atas pada pengukuran getaran poros diameter dan rpm serta pada detik waktu pengukuran yang sama terlihat bahwa besar simpangan rata-rata yang terjadi nilainya berbeda. Hasil pengukuran dengan kamera *image processing* tampak nilai simpangannya lebih besar dari nilai rata-rata simpangan dengan *vibrationmeter* yaitu pada image processing antara 0.1 mm sampai 0.2 mm sedangkan *vibration-meter* sebesar 0.05mm. Keadaan ini dikarenakan tempat pengukuran yang berbeda diantara keduanya, dimana *vibration-meter* hanya bisa mengukur getaran pada rumah bantalan sedangkan image processing dapat mengukur getaran disepanjang poros terutama di ujung poros yang menggantung. Kondisi demikian yang mengakibatkan nilai simpangan yang terukur diujung poros bebas lebih besar dari simpangan getaran yang terukur di rumah bantalan. Getaran poros yang terjadi di rumah bantalan tentunya akan terukur lebih kecil karena getaran yang terjadi dibatasi oleh bantalan. Namun demikian pengukuran getaran poros diujung maupun di rumah bantalan pada dasarnya sama mengacu pada sifat efek gyroskopis pada poros berputar. Kemampuan ini yang menjadi salah satu kelebihan dari metode digital image processing dibandingkan dengan metode umum dengan *vibration-meter* yaitu dapat mengetahui besarnya getaran disepanjang poros yang berputar secara langsung. Jika kita bandingkan terhadap grafik getaran pada poros dengan rpm yang lebih kecil yaitu 210 rpm terlihat berbeda, seperti pada gambar 15 berikut ini:



Gambar 15. Pengukuran getaran pada poros dengan putaran 210 rpm

Jika dibandingkan grafik getaran pada poros antara putaran 550 rpm dan 210 rpm dengan metode image processing tampak sedikit berbeda. Pada putaran 550 simpangan getaran rata-rata yang terjadi sebesar 0.2 mm sedangkan pada 210 rpm simpangan rata-ratanya sebesar 0,9 mm. Perbedaan ini terjadi karena pengaruh putaran mesin, dimana semakin cepat putaran maka kemampuan kamera dalam menangkap simpangan yang terjadi semakin kecil. Kondisi demikian yang menyebabkan simpangan terluar pada putaran 550 rpm tidak tertangkap kamera karena tersamar, sehingga simpangan yang terekam hanya sekitar pusat poros yang menyebabkan nilai simpangan kecil. Berdasarkan pada tren grafik antara kedua metode terlihat cenderung sama, ini berarti menunjukkan hasil pengukuran simpangan getar dengan metode image processing memiliki kecenderungan yang sama meskipun besaran yang terukur berbeda dikarenakan posisi obyek getar yang diukur berbeda.

DAFTAR RUJUKAN

- Nogueira F.M.A., Barbosa F.S.. *Evaluation of Sructural Natural Frequencyies Using Image Processing*, 2nd Ed. Juiz de Fora, Brazil, 2004.
- Gonzalez R. C., Woods R. E.. *Digital Image Processing. 2nd edition. Prentice Hall*, 2002.
- Russ J.C. *The Image Processing Handbook*, Third Edition. CRC Press, CRC Press LLC. 1998.
- Dewantara B.S.B. *Image Prosesing dan Aplikasinya. Pelatihan image prosesing*, Surabaya, 2006.
- Prakash S, Sanjay U. *Real Time Out-of-Plane Vibration Measurement/Monitoring Using Talbot Interferometry*. Journal of Optic sect laser application and holography laboratory, in press, accepted 11 July 2000.
- Ryall T.G., Fraser C.S. *Determination of structural modes of vibration Using Digital Photogrammetry*. Journal of Aircraft, vol.39, 2002.
- Jain A.K. *Fundamental of Digital Image processing. Prentice Hall*, Englewood, New Jersey, 1989.
- Weeks M. *Digital Signal Processing Using Matlab and Wavelets*. Georgia State University, Infinity Science Press, 2006

KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan dan pengolahan data dengan bantuan software MATLAB 7.0.1 serta analisis terhadap hasil olah data, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis dari validasi batang yang dijepit dan diberi simpangan awal 30 mm, 50 mm dan 60 mm didapatkan hasil grafik getaran ekspeimen mendekati sama dengan hasil grafik secara teori perhitungan untuk getaran beresilasi dengan selisih error 2,15%.
2. Pengukuran getaran dengan kamera metode *Digital Image Processing* setelah divalidasi dan dibandingkan dengan alat *vibration meter* pada putaran yang 280 rpm memiliki nilai yang mendekati sama dengan selisih 0.03mm, sehinga dapat digunakan dalam pengukuran getaran. Pada putaran 550 rpm kemampuan metode *image processing* akan menurun karena kemampuan merekam kamera terbatas sehingga grafik yang dihasilkan tidak begitu akurat dengan selisih 0.05mm.

SARAN

Penggunaan kamera dengan kapasitas FPS dan *pixel* gambar yang besar akan sangat menentukan keakuratan hasil grafik getaran. Untuk pengukuran objek getaran dengan putaran 500 rpm keatas disarankan menggunakan alat *vibration-meter*.

- Pratt, W.K. *Digital Image Processing*, 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York, NY, 1991.
- Wjayanto H, Aplikasi Interferometer Digital untuk Mendeteksi Frekuensi Natural Benda, Tugas Akhir Teknik Fisika, Surabaya, 2009.
- Handayani, Nur A, Sistem Pengukuran Kedipan Mata Berdasarkan Ekstraksi Area Mata, Laporan Tesis ITS, Surabaya, 2008.
- Wijaya M, Pengolahan Citra Dijital Menggunakan MATLAB, Informatika, Bandung, November, 2007.
- Wahyu R.B., Motion Detection Using Image Subtraction and Edges Detection, Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir XVII, Agustus, 2006.
- William T., Teori Getaran dengan Penerapan, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, Februari, 1992.