

PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA *FLUE GAS BLOWER* 248 kW STUDI KASUS DI PT. L

¹Fatkur Rachmanu, ²Djoko W. Karmiadiji, ¹Syafrizal, ¹Mokhamad Is Subekti

¹Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Enjinering Indorama

²Teknik Mesin, Universitas Pancasila

e-mail: fatkur.rachman@gmail.com

Abstract

Pemeliharaan prediktif biasanya menggunakan alat untuk mendeteksi sebelum kerusakan suatu mesin itu bertambah parah, hal ini dengan cara pengamatan (monitoring) baik secara berkala (off-line) maupun secara langsung (on-line). Pada penelitian ini dilakukan merupakan suatu studi kasus di suatu perusahaan dimana mesin blower untuk flue gas dilakukan pengamatan awal dengan metode LDR kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data getaran / vibrasi pada nilai rms, jika nilai yang diambil diluar batas kewajaran / mengkhawatirkan sesuai standard ISO maka dilanjutkan dengan alat vibration analyzer untuk mengetahui kondisi abnormal tersebut. Hasil pemeriksaan pada NDE bearing posisi horizontal memiliki nilai 7,74 mm/s dan timbul spektrum 1X unbalance sehingga dilakukan re-balance pada impeller sehingga berhasil menurunkan nilai menjadi 2,1 mm/s. Proses balancing ulang berhasil sesuai hukum yang ada walaupun secara aktual nilai FFT bergerak dan kadang tidak stabil karena unsur lain semisal pondasi yang sudah tidak normal, bearing yang bermasalah atau kurang pelumasan, resonansi dari mesin sekitarnya dan lain sebagainya.

Kata kunci : Pemeliharaan, Prediktif, Blower, Flue Gas, Getaran

Abstract

Predictive maintenance usually uses tools to detect before the damage to a machine gets worse, this is by monitoring (monitoring) both periods (off-line) and directly (on-line). In this research, it is a case study in a company where the blower machine for flue gas is carried out with initial observations using the LDR method, then followed by taking vibration / vibration data at the value, if the value taken is outside the reasonable / alarming limits according to ISO standards, then proceed with vibration analyzer tool to determine the abnormal condition. The results of the examination on the NDE bearing in the horizontal position have a value of 7.74 mm/s and a 1X unbalance spectrum arises so that a re-balance is carried out on the impeller so that it succeeds in reducing the value to 2.1 mm/s. The re-balancing process was successful according to existing law even though the actual FFT value was moving and sometimes unstable due to other elements such as an abnormal foundation, bearing problems or lack of lubrication, resonance from the surrounding machine and so on.

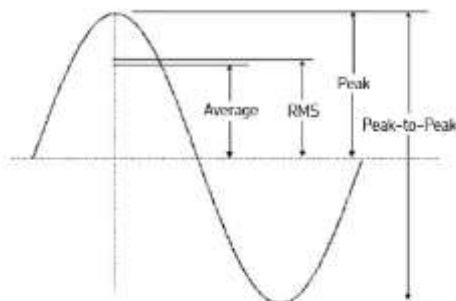
Keyword : Maintenance, Predictive, Blower, Flue Gas, Vibration

1. PENDAHULUAN

Mesin rotari banyak digunakan dalam industri, sebagai penghasil atau sebagai mentransfer energi selama operasi, mesin ini menghasilkan energi dan torsi sehingga menghasilkan getaran ke segala arah. Getaran yang terjadi pada mesin dapat berupa getaran translasi maupun rotasi, getaran translasi dapat terjadi dalam arah radial atau aksial. Getaran radial terjadi dalam arah tegak lurus terhadap sumbu poros, sedangkan getaran aksial terjadi searah poros. Selain getaran translasi, getaran dapat terjadi dalam arah putar atau rotasi.

Makalah dikirim 6 Februari 2023; Revisi 26 Maret 2023; Diterima 6 April 2023

Dalam penelitian ini dibahas penelitian getaran rotasi karena dihasilkan oleh motor listrik yang menggerakkan blower. Dalam analisis getaran dalam domain waktu, nilai efektif (*root mean square*, atau disingkat rms, nilai puncak ke puncak (*peak to peak*), dan amplitudo getaran dapat dilihat pada Gambar 1 [1].



Gambar 1. Grafik Faktor Skala dari Gelombang Sinusoidal Domain Waktu berupa Amplitudo, rms (Root mean square), Puncak ke puncak (Peak to peak).

Amplitudo berupa simpangan yang paling jauh dari titik keseimbangan pada getaran, nilai *average* dari suatu sinyal getaran harmonik. Nilai puncak-ke-puncak mencerminkan defleksi maksimum poros motor dan dengan demikian memungkinkan kesimpulan tentang pembebanan maksimum dibuat. Sebaliknya, nilai amplitudo menggambarkan besarnya getaran yang terjadi dan mengidentifikasi peristiwa kejutan yang tidak biasa. Namun, durasi atau energi selama peristiwa getaran dan karenanya kemampuan destruktif tidak diperhitungkan. Nilai efektif biasanya yang paling berarti karena mempertimbangkan riwayat waktu getaran dan nilai amplitudo getaran.

Flue gas adalah gas sisa pembakaran dari boiler, sedangkan flue gas blower adalah alat yang digunakan untuk menghisap gas sisa pembakaran dari boiler dan memasukkannya ke sistem WSA (*wet gas sulphur acid*) untuk proses menjadi H_2SO_4 cair dan gas buangnya dilepas ke udara karena telah aman (Gambar 2).

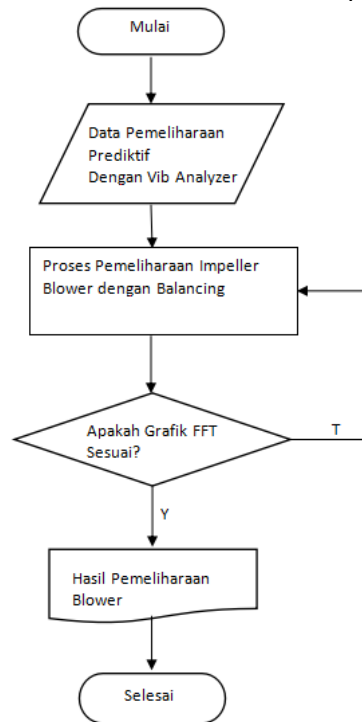


Gambar 2. Gambar blower flue gas (sumber : Reitz.co).

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan *vibration analyser* untuk memantau kondisi mesin berputar dalam hal ini pompa sentrifugal yang menghasilkan kondisi abnormal berupa *misalignment* serta memperbaikinya dengan alignment ulang sehingga menjadi normal [2]. Pemantauan getaran untuk mengetahui kondisi mesin berputar atau pompa juga dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi komponen untuk mengantisipasi *warm-up* dan defleksi poros mesin [3]. Telah dilakukan penelitian getaran pada modul mesin berputar dengan variasi kecepatan [4].

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan tahapan penelitian mengikuti diagram alir pada Gambar 3. Mesin yang di pelihara berupa *Blower* untuk *Flue Gas* dengan mengamati mesin secara LDR (lihat-dengar-rasa) kemudian dilanjutkan dengan pemeliharaan prediktif menggunakan vibration analyzer. Untuk data spesifikasi mesin blower untuk *Flue Gas* dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

Tabel 1. Spesifikasi *Flue Gas Blower*.

Specification	Value
Blower Size	169
Type	FP SL TA
Rotation	CCW
Inlet Volume	77873 kg/hr
Discharge Pressure	71 mBar
Temperature	235 °C
Inlet Density	0,69 kg/m ³
RPM	1480 Rpm
Power	248 kW

Seperti diketahui bahwa gejala abnormal pada mesin berputar dapat diukur/diketahui kondisinya dengan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Dimana getaran abnormal pada mesin yang ditangkap oleh alat *vibration analyzer* dari domain waktu diubah menjadi domain frekuensi. Adapun rumus FFT diambil dari algoritma DFT (*Discrete Fourier Transform*) dapat dilihat sebagai berikut [5] :

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-i \frac{2\pi}{N} nk} \quad (1)$$

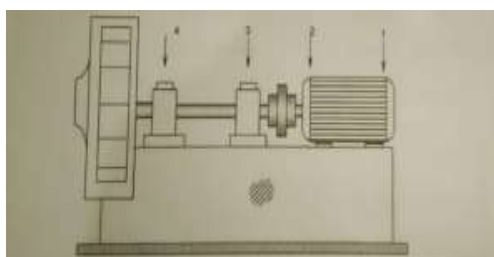
$k = 0, \dots, N-1$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Awal pemeriksaan mesin blower dilakukan LDR atau lihat, dengar, rasa apakah mesin blower tersebut seperti biasa/kondisi normal. Kemudian terjadi suatu bunyi yang tidak normal dan saat diperiksa menggunakan vibration meter sesuai Tabel 2, maka dilakukan pengambilan data menggunakan vibration analyzer. Setelah dilakukan pengambilan data maka terlihat nilai getaran muncul tinggi 1X pada 1500 cpm nilai pada arah sensor horizontal. Kemungkinan timbulnya getaran ini karena *unbalance* pada *impeller* atau lainnya. Maka diputuskan untuk dilakukan balancing ulang (*re-balancing*). Posisi peletakan sensor pengukur vibrasi (*accelerometer*) dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Hasil pengukuran sebelum balancing.

Direction	Point-1	Point-2	Point-3	Point-4
Vrt.(mm/s)	3.76	1.41	2.93	4.55
Hrz.(mm/s)	3.01	3.58	5.53	7.74
Env.(gE)	1.45	0.87	4.26	1.30
Axl.(mm/s)		1.57	2.00	1.73



Gambar 4. Posisi penempatan alat ukur getaran pada blower.

Kemungkinan penyebab kondisi *Unbalance* yaitu *impeller* kotor karena benda asing yang melekat, besi pemberat *balancing* lepas pada *impeller*, *impeller* sudah korosi/ aus. Adapun tindakan pemeliharaan berupa pembersihan *impeller* jika kotor, penambalan *impeller* dengan cara pengelasan jika korosi, *balancing* ulang dengan penambahan pemberat, pengelasan, dan pengurangan material *impeller* dengan penggerindaan serta tentunya menggunakan insitu *balancing/field balancing* menggunakan *balancing measurement*. Gambar 5 merupakan bentuk *impeller blower*.



Gambar 5. Bentuk impeller blower.

Terlihat nilai getaran horizontal pada *DE bearing* sebesar 5,53 mm/s dan *NDE bearing* sebesar 7,74 mm/s pada posisi horizontal dan besar kemungkinan terjadi *unbalance* jika dilihat dari bentuk posisi *bearing* dan *impeller* yang *overhung*.

3.1. Persiapan Data untuk Balancing

Menurut standard BV catagories bahwa desain untuk *blower* yang dipakai untuk *flue gas* ini dengan penggerak motor kurang dari 298 kW sehingga masuk pada kategori BV-3 sesuai Gambar 5.

Many fan manufacturers, including Greenheck, produce a full line of products ranging from small ceiling fans to large industrial centrifugal fans. There are many application standards for different sizes and types of fans.

Fan Application Categories			
Application	Examples	Driver Power kW (HP) Limits	Fan Application Category, BV
Residential	Ceiling fans, attic fans, window AC	<= 15 (20) > 15 (20)	BV-1 BV-2
HVAC & Agricultural	Building ventilation and air conditioning; commercial systems	<= 3.7 (5.0) > 3.7 (5.0)	BV-2 BV-3
Industrial Process and Power Generation, etc.	Baghouse, scrubber, mine, conveying, boilers, combustion air, pollution control, wind tunnels	<= 298 (400) > 298 (400)	BV-3 BV-4
Transportation and Marine	Locomotives, trucks, automobiles	<= 15 (20) > 15 (20)	BV-3 BV-4
Transit/Tunnel	Subway emergency ventilation, tunnel fans, garage ventilation, tunnel jet fans	<= 75 (100) > 75 (100) ANY	BV-3 BV-4 BV-4
Petrochemical Process	Hazardous gases, process fans	<= 37 (50) > 37 (50)	BV-3 BV-4
Computer Chip Mfg	Clean room	ANY	BV-5

Gambar 5. Artikel standar penentuan BV [6].

Kemudian menurut ANSI S2.19 bahwa *balance quality grade* sebesar BV-4 dengan nilai grade G 2.5 sesuai Gambar 6.

Responsible fan manufacturers balance the fan impeller assemblies to allowable residual unbalance prior to assembly of the unit. These limits are based on ANSI S2.19 "Balance Quality of Rigid Bodies."

Fan Application Category	Balance Quality Grade for Rigid Rotors/Impeller
BV-1	G 16
BV-2	G 16
BV-3	G 6.3
BV-4	G 2.5
BV-5	G 1.0

This standard establishes allowable residual unbalance based on the balance quality grade, impeller weight and impeller rotational speed. Refer to ANSI S2.19 and AMCA Standard 204-05 for further information on balancing standards.

Gambar 6. Standar penentuan nilai G dari BV [6].

Dan dengan mempertimbangkan BV-4, *fan vibration limits* untuk uji manufaktur di workshop dengan nilai limit mencapai 0,15 inch/s atau sebesar 3,81 mm/s untuk fan/blower memiliki dudukan fleksibel, sedangkan uji di lapangan dapat mengambil nilai BV-3 memiliki nilai puncak 0,2 inch/s atau sebesar 5,08 mm/s sesuai Gambar 7.

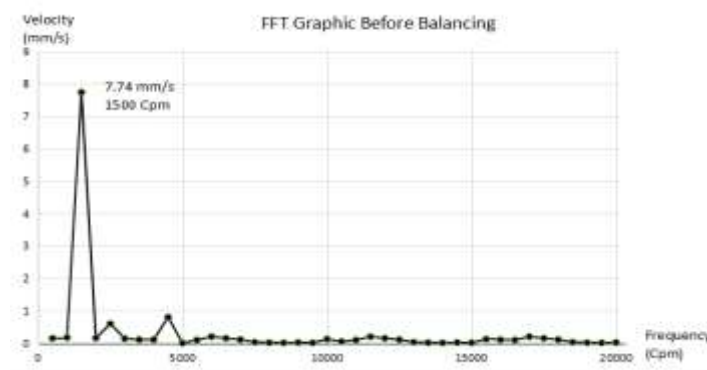
Vibration Limits for Tests Conducted in the Factory Values shown are peak velocity, inches/second, filter-in, at the factory test speed.		
Fan Application Category	Rigid Mounted in./sec.	Flexibility Mounted in./sec.
BV-1	0.50	0.60
BV-2	0.20	0.30
BV-3	0.15	0.20
BV-4	0.10	0.15
BV-5	0.08	0.10

vibration level is within acceptable limits. If the maximum allowable vibration level is exceeded, various balancing and vibration elimination techniques are used to correct the unit.

Gambar 7. Standar penentuan nilai limit vibrasi dari BV [6].

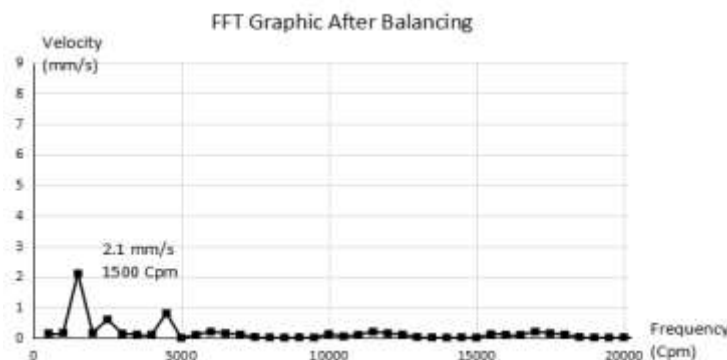
3.2. Hasil Pengukuran Grafik FFT

Hasil pengukuran menggunakan vibration analyzer berupa diagram FFT sebelum balancing seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik FFT Sebelum Balancing.

Terlihat nilai 1X pada arah horizontal dengan tinggi amplitudo *velocity* sebesar 7,74 mm/s. Kondisi hasil pengukuran setelah *balancing* berupa diagram FFT seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik FFT Setelah Balancing

Terlihat nilai 1X pada arah horizontal menurun menjadi 2,1 mm/s sehingga masih dalam batas normal / diijinkan di bawah 5,08 mm/s.

4. KESIMPULAN

Sebelum perbaikan dilakukan dengan *balancing* ulang (*re-balancing*) terdapat peningkatan nilai arah horizontal 1X dari kondisi abnormal amplitudo *velocity* tinggi sebesar 7,74 mm/s menjadi penurunan nilai setelah balancing ulang 2.1 mm/s, ini sesuai hukum yang ada walaupun secara aktual nilai FFT bergerak dan kadang tidak stabil karena unsur lain semisal pondasi yang sudah tidak normal, bearing yang bermasalah atau kurang pelumasan, resonansi dari mesin sekitarnya dan lain sebagainya. Saran untuk penelitian ke depan dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan prediktif pada keseluruhan komponen *blower flue gas* dengan rekondisi agar seperti kondisi awal (inisial).

5. DAFTAR NOTASI

Pada persamaan (1) notasi dapat diuraikan dengan keterangan sebagai berikut :

- N : jumlah data
 X : nilai hasil penjumlahan FFT
 x : nilai ke n
 π : 1/2 periode (180 derajat)
 k : nilai 0 hingga ke N-1.
 e : bilangan natural
 N : N point
 i : imajiner

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, SKF Vibration Manual, San Diego California, USA 2011.
- [2] Rachmanu F. Pemantauan Kondisi Pompa Sentrifugal P-12A Menggunakan Analisis Vibrasi Studi Kasus di PT. X. Jurnal Ramatekno. 2022 Jul 4;2(1):14-9.
- [3] Rachmanu F. Modifikasi Pompa Proses Jenis Sentrifugal Terhadap Nilai Vibrasi di PT. Z. Jurnal Ramatekno. 2022;2(2):24-30.
- [4] Rachmanu F. Studi Sistem Monitoring Getaran Pada Modul Mesin Berputar Satu Disc Menggunakan LABVIEW dan FEM. Jurnal Elektra. 2017 Jul 2;2(2):32-41.
- [5] B. Baas, DFT and FFT handout, *handout College of engineering*, University of California Davis, USA 2012 [dikutip 6 Maret 2023].
<https://www.ece.ucdavis.edu/~bbaas/281/notes/Handout.fft1.pdf>
- [6] Anonim. *Balance Vibration and Vibration Analysis Greenheck Produck Application Guide*, fan application FA/108-00, USA 2013 [dikutip 7 Maret 2023].
https://content.greenheck.com/public/DAMPProd/Original/10002/balance_vibration.pdf