# KOMPARASI RESPONS VIBRASI MESIN BOR VERTIKAL SEBELUM DAN SESUDAH ISOLATOR

**Rukmantara Putra Pratama[1], Tito Daborsila[1*], Susilo Handoko[1]**
[1]Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Cepu, 58315
**E-mail*: titodaborsila3@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis perubahan respons vibrasi mesin bor vertikal KRISBOW Drill Press 16 mm × 780 mm DD1678CA sebelum dan sesudah pemasangan isolator karet. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa beban pemotongan (*no-load*) menggunakan motor induksi 1,5 HP (1100 W), 220 V, 50 Hz, dengan putaran nominal motor 1400 rpm. Kondisi operasi dipertahankan sama pada kedua pengujian. *Displacement* diukur menggunakan Fluke 810 pada dua titik dalam arah aksial, radial, dan tangensial, sedangkan *velocity* diukur menggunakan Fluke 805. Analisis menggunakan satu hasil pengukuran terdokumentasi untuk setiap kombinasi titik dan arah. Pada Titik 1, *displacement* aksial, radial, dan tangensial turun dari 511,3; 413,8; dan 221,2 µm RMS menjadi 18,00; 17,61; dan 31,63 µm, dengan reduksi 96,48%; 95,74%; dan 85,70%. Pada Titik 2, reduksi berturut-turut sebesar 81,86%; 62,79%; dan 5,25%. *Velocity* menurun pada arah aksial dan tangensial, tetapi meningkat pada arah radial. Hasil menunjukkan pemasangan isolator berkaitan dengan penurunan *displacement*, sedangkan respons *velocity* tidak seragam pada seluruh arah.

**Kata kunci:** Analisis Getaran, Mesin Bor Vertikal, Isolator Getaran, *Displacement*, *Velocity*

## 1. PENDAHULUAN

Pemeliharaan mesin di lingkungan manufaktur modern semakin bergeser dari pendekatan reaktif menuju strategi berbasis kondisi. Analisis getaran menjadi salah satu teknik penting karena mampu memberikan informasi mengenai perubahan kondisi mesin tanpa pembongkaran komponen [1], [6], [7]. Informasi kondisi tersebut dapat digunakan sebagai dasar pendukung kegiatan *condition-based maintenance* dan pengambilan keputusan pemeliharaan [2].

Secara teoritis, getaran mesin dapat dianalisis melalui domain waktu, domain frekuensi, dan domain waktu-frekuensi. Pendekatan domain waktu memetakan amplitudo sinyal terhadap waktu, sedangkan domain frekuensi menggunakan teknik Fast Fourier Transform (FFT) untuk memisahkan sinyal kompleks menjadi komponen-komponen frekuensinya. Pendekatan waktu-frekuensi dapat digunakan untuk mengamati perubahan kandungan frekuensi terhadap waktu. Analisis spektrum, harmonik, fase, dan informasi putaran diperlukan apabila evaluasi diarahkan pada identifikasi sumber gangguan mekanis secara lebih spesifik [3], [8].

Dalam pengukuran vibrasi, *displacement*, *velocity*, dan *acceleration* merupakan parameter yang umum digunakan. *Displacement* merepresentasikan besarnya simpangan, sedangkan *velocity* merupakan laju perubahan *displacement* terhadap waktu. Oleh karena itu, nilai numerik *displacement* dan *velocity* tidak dapat dibandingkan secara langsung, meskipun keduanya dapat digunakan untuk mengamati perubahan respons vibrasi mesin [3].

Fluke 810 Vibration Tester merupakan perangkat portabel yang mendukung pengukuran vibrasi menggunakan sensor dan menyediakan pengaturan lokasi, orientasi, serta pemasangan sensor untuk pengambilan data [10]. Fluke 805 Vibration Meter digunakan sebagai instrumen tambahan untuk memperoleh nilai overall vibration velocity. Penggunaan kedua instrumen dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi respons vibrasi berdasarkan dua parameter yang berbeda, yaitu displacement dan velocity.

Salah satu intervensi untuk mengurangi transmisi getaran adalah pemasangan isolator antara mesin dan struktur penumpu. Isolator berbahan elastomer memiliki karakteristik

kekakuan dinamis dan redaman yang memengaruhi *transmissibility* serta respons vibrasi sistem [4], [5]. Oleh karena itu, efektivitas pemasangan isolator pada penelitian ini dievaluasi melalui perbandingan respons vibrasi sebelum dan sesudah pemasangan isolator.

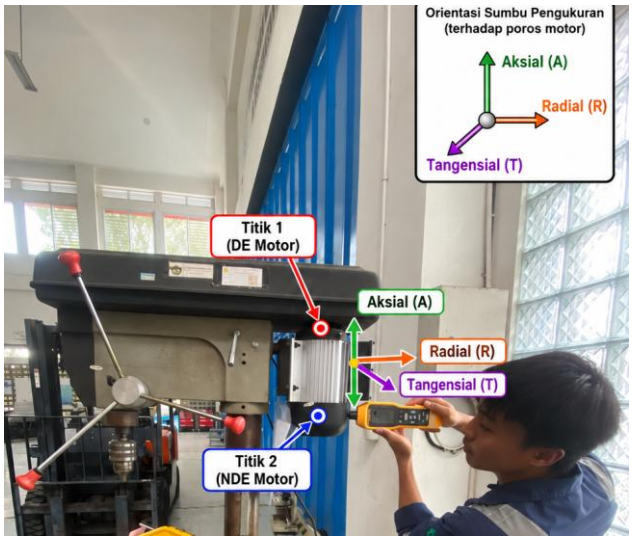
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis secara komparatif respons vibrasi mesin bor vertikal sebelum dan sesudah pemasangan isolator berdasarkan parameter *displacement* dan *velocity*. Analisis difokuskan pada perubahan amplitudo yang terukur pada masing-masing titik dan arah pengukuran. Bagian selanjutnya menyajikan metode pengujian, pembahasan hasil, simpulan, dan daftar pustaka.

## 2. METODE

Objek penelitian berupa mesin bor vertikal KRISBOW Drill Press 16 mm × 780 mm DD1678CA. Mesin digerakkan oleh motor induksi berdaya 1,5 HP (1100 W), tegangan 220 V, frekuensi 50 Hz, kelas isolasi B, dan putaran nominal motor 1400 rpm berdasarkan data *nameplate* motor.

Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa beban pemotongan (*no-load*), yaitu mesin dioperasikan tanpa melakukan proses pengeboran pada benda kerja. Dengan demikian, selama pengukuran tidak terdapat pengaruh gaya pemotongan maupun parameter pemotongan seperti material benda kerja, diameter mata bor, kedalaman pengeboran, dan *feed*. Kondisi operasi mesin dipertahankan sama pada pengukuran sebelum dan sesudah pemasangan isolator.

Pengukuran displacement dilakukan menggunakan Fluke 810 Vibration Tester pada dua lokasi bearing housing motor, yaitu Titik 1 pada Drive End (DE) dan Titik 2 pada Non-Drive End (NDE). Pada setiap titik, pengukuran dilakukan dalam tiga arah, yaitu aksial, radial, dan tangensial terhadap sumbu poros motor. Arah aksial sejajar dengan sumbu poros motor, sedangkan arah radial dan tangensial berada pada bidang yang tegak lurus terhadap sumbu poros motor. Sensor Fluke 810 dipasang menggunakan magnetic mount agar posisi sensor tetap selama proses pengambilan data. Penentuan lokasi, orientasi, dan metode pemasangan sensor mengikuti fungsi pengaturan pengukuran yang tersedia pada Fluke 810 [10]. Posisi Titik 1, Titik 2, serta orientasi pengukuran ditunjukkan pada Gambar 1. Parameter velocity diukur menggunakan Fluke 805 Vibration Meter dalam satuan mm/s pada arah aksial, radial, dan tangensial.




**Gambar 1. Posisi Titik Pengukuran dan Orientasi Aksial, Radial, dan Tangensial**

Pengujian dilakukan dalam dua kondisi. Kondisi pertama merupakan pengukuran mesin tanpa isolator, sedangkan kondisi kedua dilakukan setelah isolator getaran berbahan karet

dipasang di antara mesin dan struktur penumpunya. Selain pemasangan isolator, kondisi operasi mesin dipertahankan sama pada kedua pengujian.

Data yang dianalisis merupakan satu hasil pengukuran yang terdokumentasi untuk setiap kombinasi titik dan arah pada masing-masing kondisi pengujian sebelum dan sesudah pemasangan isolator.

Nilai *displacement* yang digunakan dalam analisis dinyatakan sebagai *Root Mean Square* (RMS), yang merepresentasikan besarnya respons getaran rata-rata secara energi selama periode pengukuran.

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x^2\,(t)\,dt} \tag{1}$$

Keterangan: $x_{RMS}$ = nilai displacement getaran Root Mean Square (μm); T = periode waktu pengukuran (s); x(t) = fungsi displacement getaran terhadap waktu; dan dt = diferensial terhadap waktu.

Persentase perubahan *displacement* dihitung secara deskriptif komparatif menggunakan persamaan berikut:

$$P_{\text{red}} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\% \tag{2}$$

Keterangan: $P_{red}$ = persentase penurunan displacement (%); $V_1$ = nilai displacement pada kondisi tanpa isolator (μm); $V_2$ = nilai displacement setelah pemasangan isolator (μm).

## 3. PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengukuran Displacement Menggunakan Fluke 810

Pengukuran awal dilakukan pada mesin bor vertikal dalam kondisi tanpa isolator. Hasil pengukuran *displacement* RMS disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Displacement Fluke 810 Tanpa Isolator**

| Titik | **Arah** | **Nilai (μm RMS)** |
|---|---|---|
| 1 | Aksial | 511,30 |
| | Radial | 413,80 |
| | Tangensial | 221,20 |
| 2 | Aksial | 293,80 |
| | Radial | 118,80 |
| | Tangensial | 63,17 |

Pada Titik 1 (DE motor), nilai displacement terbesar terdapat pada arah aksial sebesar 511,30 μm RMS, diikuti arah radial sebesar 413,80 μm RMS dan tangensial sebesar 221,20 μm RMS. Pada Titik 2 (NDE motor), nilai aksial tercatat 293,80 μm RMS, radial 118,80 μm RMS, dan tangensial 63,17 μm RMS. Perbedaan amplitudo antara kedua titik menunjukkan bahwa respons vibrasi yang diterima masing-masing lokasi pengukuran tidak seragam.

Nilai amplitudo yang tinggi pada arah tertentu tidak digunakan sebagai dasar tunggal untuk menetapkan jenis kerusakan mekanis. Identifikasi gangguan seperti misalignment, unbalance, atau looseness memerlukan informasi tambahan dari karakteristik sinyal, terutama analisis spektrum/frekuensi, komponen pada running speed dan harmoniknya, serta parameter

diagnostik lainnya. Studi eksperimental dan kajian vibration monitoring menunjukkan bahwa analisis domain frekuensi digunakan untuk memperkuat identifikasi jenis gangguan, bukan hanya berdasarkan besar amplitudo keseluruhan [3], [7], [8].

Setelah pemasangan isolator, diperoleh hasil pengukuran *displacement* seperti disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Displacement Fluke 810 Setelah Pemasangan Isolator**

| Titik | Arah | Nilai (µm RMS) |
|---|---|---|
| 1 | Aksial | 18,00 |
| | Radial | 17,61 |
| | Tangensial | 31,63 |
| 2 | Aksial | 53,30 |
| | Radial | 44,21 |
| | Tangensial | 59,84 |

Pada Titik 1, seluruh arah menunjukkan penurunan *displacement* setelah pemasangan isolator. Arah aksial menurun dari 511,30 menjadi 18,00 µm RMS, radial dari 413,80 menjadi 17,61 µm RMS, dan tangensial dari 221,20 menjadi 31,63 µm RMS. Pada Titik 2, arah aksial menurun dari 293,80 menjadi 53,30 µm RMS, radial dari 118,80 menjadi 44,21 µm RMS, sedangkan tangensial berubah dari 63,17 menjadi 59,84 µm RMS.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan respons setelah pemasangan isolator berbeda pada masing-masing lokasi dan arah pengukuran. Efek reduksi paling besar teramati pada Titik 1, sedangkan pada Titik 2 arah tangensial hanya mengalami perubahan yang relatif kecil. Secara umum, respons isolator elastomer dipengaruhi oleh karakteristik kekakuan dinamis, redaman, dan frekuensi eksitasi sistem [4], [5].

## B. Analisis Persentase Penurunan Displacement

**Tabel 3. Persentase Penurunan Displacement Mesin Bor Vertikal**

| Titik | Arah | Sebelum (µm) | Sesudah (µm) | Penurunan (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Aksial | 511,30 | 18,00 | 96,48 |
| | Radial | 413,80 | 17,61 | 95,74 |
| | Tangensial | 221,20 | 31,63 | 85,70 |
| 2 | Aksial | 293,80 | 53,30 | 81,86 |
| | Radial | 118,80 | 44,21 | 62,79 |
| | Tangensial | 63,17 | 59,84 | 5,25 |

Pada Titik 1, rata-rata penurunan *displacement* mencapai 92,64%, dengan reduksi terbesar pada arah aksial sebesar 96,48%. Pada Titik 2, penurunan *displacement* lebih bervariasi, yaitu 81,86% pada arah aksial, 62,79% pada arah radial, dan 5,25% pada arah tangensial. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa respons isolasi yang teramati tidak seragam pada seluruh titik dan arah pengukuran.

## C. Analisis Velocity Menggunakan Fluke 805

**Tabel 4. Perbandingan Velocity Sebelum dan Sesudah Pemasangan Isolator**

| Arah | Sebelum (mm/s) | Sesudah (mm/s) | Perubahan |
|---|---|---|---|
| Aksial | 41,51 | 36,55 | Turun 11,95% |
| Radial | 14,20 | 27,79 | Naik 95,70% |
| Tangensial | 39,53 | 27,27 | Turun 31,01% |

Hasil pengukuran *velocity* menunjukkan pola yang tidak sepenuhnya sama dengan *displacement*. Pada arah aksial, *velocity* menurun dari 41,51 menjadi 36,55 mm/s atau sekitar 11,95%. Pada arah tangensial, nilai menurun dari 39,53 menjadi 27,27 mm/s atau sekitar 31,01%, sedangkan arah radial meningkat dari 14,20 menjadi 27,79 mm/s atau sekitar 95,70%. Dengan demikian, pemasangan isolator tidak menghasilkan penurunan *velocity* secara seragam pada seluruh arah pengukuran.

Perbedaan kecenderungan antara *displacement* dan *velocity* tidak secara langsung menunjukkan ketidaksesuaian hasil karena kedua parameter merepresentasikan karakteristik vibrasi yang berbeda. Secara teoritis, *velocity* merupakan turunan terhadap waktu dari *displacement* sehingga hubungan amplitudo keduanya dipengaruhi oleh kandungan frekuensi sinyal vibrasi. Oleh karena itu, kedua parameter dianalisis secara terpisah dan tidak dibandingkan langsung berdasarkan besar nilai numeriknya [3].

## D. Evaluasi Penggunaan ISO 20816-1

ISO 20816-1:2016 merupakan pedoman umum untuk pengukuran dan evaluasi vibrasi mesin serta menggantikan ISO 10816-1:1995. Standar ini membahas besaran vibrasi berupa displacement, velocity, dan acceleration, sedangkan kriteria evaluasi yang lebih spesifik bergantung pada jenis dan kelas mesin yang dibahas dalam bagian terkait dari seri ISO 20816 [9]. Oleh karena itu, data displacement Fluke 810 dalam penelitian ini tidak dipetakan secara langsung ke Zona A, B, C, atau D.

Klasifikasi zona juga tidak diterapkan pada data velocity Fluke 805 karena kesesuaian mesin bor yang diuji terhadap kategori mesin, struktur penumpu, kondisi operasi, dan batas penerapan kriteria spesifik dalam seri ISO 20816 tidak ditetapkan sebagai bagian dari eksperimen. Evaluasi penelitian difokuskan pada perbandingan respons vibrasi sebelum dan sesudah pemasangan isolator pada kondisi operasi yang dipertahankan sama.

## 4. SIMPULAN

Berdasarkan pengujian pada mesin bor vertikal KRISBOW Drill Press 16 mm × 780 mm DD1678CA dalam kondisi tanpa beban pemotongan (*no-load*), pemasangan isolator menghasilkan perubahan respons vibrasi yang berbeda pada setiap titik dan arah pengukuran.

Berdasarkan parameter *displacement*, penurunan terbesar terjadi pada Titik 1 arah aksial sebesar 96,48%, diikuti arah radial sebesar 95,74% dan tangensial sebesar 85,70%. Pada Titik 2, penurunan sebesar 81,86% diperoleh pada arah aksial, 62,79% pada arah radial, dan 5,25% pada arah tangensial. Rata-rata penurunan *displacement* pada Titik 1 mencapai 92,64%.

Berdasarkan parameter *velocity*, respons tidak menunjukkan kecenderungan penurunan pada seluruh arah. Nilai aksial menurun sebesar 11,95% dan tangensial menurun sebesar 31,01%, sedangkan nilai radial meningkat sebesar 95,70%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemasangan isolator memberikan perubahan yang jelas terhadap respons *displacement* mesin pada kondisi pengujian yang dilakukan, tetapi respons *velocity* bersifat berbeda pada setiap orientasi pengukuran.

Penelitian ini dibatasi pada analisis amplitudo *displacement* dan *velocity*. Identifikasi sumber gangguan mekanis secara spesifik memerlukan analisis tambahan seperti spektrum frekuensi, harmonik, fase, *waveform*, atau parameter diagnostik lainnya.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

[1] I. U. Hassan, K. Panduru, and J. Walsh, "An In-Depth Study of Vibration Sensors for Condition Monitoring," Sensors, vol. 24, no. 3, Art. no. 740, Jan. 2024, doi: 10.3390/s24030740.
[2] Y. Li, S. Peng, Y. Li, and W. Jiang, "A Review of Condition-Based Maintenance: Its Prognostic and Operational Aspects," Frontiers of Engineering Management, vol. 7, no. 3, pp. 323–334, 2020, doi: 10.1007/s42524-020-0121-5.
[3] M. H. Mohd Ghazali and W. Rahiman, "Vibration Analysis for Machine Monitoring and Diagnosis: A Systematic Review," Shock and Vibration, vol. 2021, Art. ID 9469318, 2021, doi: 10.1155/2021/9469318.
[4] L. Yu, S. Liu, L. Ye, G. Huang, and Y. Xu, "The Dynamic Characteristics of Silicone Rubber Isolator," Journal of Wuhan University of Technology–Materials Science Edition, vol. 27, no. 1, pp. 130–133, Feb. 2012, doi: 10.1007/s11595-012-0422-6.
[5] M. N. Arib Rejab, S. A. Abdul Shukor, M. R. Mohd Sofian, J. I. Inayat-Hussain, A. Nazirah, and I. Asyraf, "Evaluation of the Effectiveness of Elastomeric Mount Using Vibration Power Flow and Transmissibility Methods," Journal of Physics: Conference Series, vol. 908, Art. no. 012034, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/908/1/012034.
[6] M. Mandi, "Predictive Maintenance Approach, Vibration Analysis and Fault Detection in an Industrial Fan Motor," International Journal of Research and Scientific Innovation, vol. 12, no. 4, pp. 292–302, Apr. 2025, doi: 10.51244/IJRSI.2025.12040029.
[7] D. H. Omar, M. H. Belal, and F. R. Gomaa, "Early Fault Detection by Vibration Measurement," International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol. 10, no. 5, pp. 358–365, Jun. 2021, doi: 10.35940/ijeat.E2817.0610521.
[8] S. Misra, S. Kumar, S. Sayyad, A. Bongale, P. Jadhav, K. Kotecha, A. Abraham, and L. A. Gabralla, "Fault Detection in Induction Motor Using Time Domain and Spectral Imaging-Based Transfer Learning Approach on Vibration Data," Sensors, vol. 22, no. 21, Art. no. 8210, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22218210.
[9] International Organization for Standardization, Mechanical Vibration—Measurement and Evaluation of Machine Vibration—Part 1: General Guidelines, ISO 20816-1:2016, Nov. 2016.
[10] Fluke Corporation, 810 Vibration Tester Users Manual, Rev. 2, May 2015.

**Daftar Simbol**

$x_{RMS}$ = Nilai displacement getaran RMS, µm
$x(t)$ = Fungsi displacement getaran terhadap waktu
$T$ = Periode pengukuran, s
$P_{red}$ = Persentase penurunan displacement, %
$V_1$ = Nilai displacement sebelum pemasangan isolator, µm
$V_2$ = Nilai displacement setelah pemasangan isolator, µm