

EVALUASI PENURUNAN VIBRASI MOTOR *BUCKET ELEVATOR* 51BE125-M2 PASCA PENGUATAN STRUKTUR

Akbar Musa Nugraha¹, Nurcahya Nugraha¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35141, Indonesia.

* e – mail : ajaakbarmusa@gmail.com

Received : 27-11-2025, Accepted : 13-12-2025

Abstrak

Industri semen membutuhkan keandalan operasional tinggi, terutama pada area kiln sebagai pusat pembentukan klinker. Salah satu peralatan kritis yang mendukung kelancaran proses adalah motor penggerak *bucket elevator*. Motor 51BE125-M2 di Pabrik Baturaja II beroperasi pada beban berat dan temperatur tinggi sehingga rentan mengalami peningkatan vibrasi yang dapat memicu kerusakan mekanis seperti *misalignment*, *unbalance*, *structural looseness*, dan kerusakan bearing. Pengukuran awal menunjukkan bahwa nilai vibrasi motor berada pada kategori membahayakan berdasarkan ISO 10816, dengan kemunculan harmonisa pada spektrum FFT yang mengindikasikan kelonggaran struktural pada pondasi dan dudukan motor. Penelitian ini menganalisis pengaruh penguatan struktur terhadap penurunan vibrasi motor melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental dengan pengukuran menggunakan *VIBXpert II* pada tiga arah (horizontal, vertikal, dan aksial). Tindakan perbaikan meliputi pengetatan baut pondasi, pemasangan pelat penguat, perbaikan celah dudukan, pengelasan titik lemah, dan penyetelan ulang posisi dasar motor. Hasil pengukuran setelah perbaikan menunjukkan penurunan signifikan nilai RMS getaran serta hilangnya harmonisa 2x–4x RPM. Berdasarkan klasifikasi ISO 10816, kondisi motor berpindah dari zona berbahaya ke zona aman. Penelitian ini menegaskan bahwa penguatan struktur efektif dalam mereduksi vibrasi dan meningkatkan keandalan operasi *bucket elevator*.

Kata Kunci: Vibrasi mesin; *Bucket elevator*; *Structure reinforcement*; *Predictive maintenance*.

Abstract

The cement industry requires high operational reliability, particularly in the kiln area where clinker formation occurs. One of the critical components supporting this process is the bucket elevator drive motor. The 51BE125-M2 motor at Baturaja II Plant operates under heavy load and high-temperature conditions, making it susceptible to increased vibration that may trigger mechanical failures such as *misalignment*, *unbalance*, *structural looseness*, and bearing damage. Initial measurements indicated that the motor's vibration level was within the hazardous category based on ISO 10816, accompanied by harmonic components in the FFT spectrum that signaled structural looseness in the foundation and motor mount. This study analyzes the effect of structure reinforcement on reducing motor vibration by comparing conditions before and after corrective actions. A quantitative experimental method was employed, with vibration measurements taken using *VIBXpert II* in three directions (horizontal, vertical, and axial). Corrective actions included retightening foundation bolts, installing reinforcement plates, repairing mounting gaps, welding weakened points, and realigning the motor base. Post-repair measurements showed a significant reduction in RMS vibration values and the disappearance of 2x–4xRPM harmonics. According to ISO 10816 classification, the motor's condition shifted from a hazardous zone to a safe zone. The findings confirm that

structural reinforcement is effective in reducing vibration and enhancing the operational reliability of the bucket elevator.

Keywords: Machine vibration; Bucket elevator; Structure reinforcement; Predictive maintenance.

1. PENDAHULUAN

Industri semen merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan infrastruktur nasional karena proses produksinya melibatkan rangkaian operasi berskala besar yang harus berjalan secara berkelanjutan [1]. Pada proses tersebut, kiln dan sistem pendukungnya berfungsi sebagai pusat pembentukan klinker melalui pembakaran material pada temperatur sangat tinggi hingga mencapai 1.450°C [2]. Kelancaran operasi kiln sangat bergantung pada berbagai peralatan pendukung seperti *preheater*, *bucket elevator*, dan motor penggerak yang memastikan aliran material tetap stabil dan efisien [3]. Keandalan peralatan pada area kiln menjadi faktor kunci yang menentukan efisiensi energi, efektivitas produksi, serta kontinuitas operasi pabrik [3]. Salah satu komponen vital dalam sistem tersebut adalah motor penggerak *bucket elevator*, termasuk motor 51BE125-M2 di area kiln Pabrik Baturaja II, yang berfungsi mengangkat raw meal menuju tahap pemrosesan lanjutan. Motor ini bekerja dalam kondisi beban tinggi, temperatur panas, dan getaran kompleks sehingga sangat rentan mengalami peningkatan vibrasi [4]. Apabila tidak dikendalikan, vibrasi berlebih dapat memicu kerusakan mekanis seperti misalignment, unbalance, structural looseness, dan kerusakan bearing [5], yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi transmisi daya dan risiko unscheduled shutdown [6]. Dalam praktik pemeliharaan modern, *predictive maintenance* banyak diterapkan untuk memonitor kondisi mesin melalui parameter *displacement*, *velocity*, dan *acceleration*, serta mengacu pada standar ISO 10816 dalam menilai tingkat keparahan getaran [8]. Hasil pengukuran awal pada motor 51BE125-M2 menunjukkan bahwa nilai vibrasi berada pada kategori membahayakan sehingga diperlukan tindakan korektif. Temuan lapangan mengindikasikan bahwa penyebab utama getaran tinggi berasal dari kelemahan struktur penopang motor yang menimbulkan kelonggaran dan resonansi. Oleh karena itu, dilakukan penguatan struktur (*structure reinforcement*) pada pondasi dan dudukan motor untuk menurunkan tingkat vibrasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penguatan struktur terhadap perubahan vibrasi motor dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Temuan penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan keandalan mesin pada area kiln PT Semen Baturaja Tbk serta memperkaya literatur terkait hubungan antara integritas struktur pendukung mesin dan performa vibrasi pada peralatan berputar.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di area kiln Pabrik Baturaja II PT Semen Baturaja Tbk dengan objek utama motor penggerak *bucket elevator* 51BE125-M2 beserta struktur pendukungnya, seperti pondasi, *platform*, dan dudukan motor. Motor ini bekerja pada kondisi beban tinggi dan lingkungan bersuhu panas sehingga menjadi fokus pengukuran vibrasi sebelum dan sesudah tindakan penguatan struktur. Data *baseline* vibrasi diambil saat motor beroperasi normal dan digunakan untuk mengidentifikasi potensi kerusakan mekanis seperti *misalignment*, *unbalance*, kelonggaran struktural, maupun indikasi awal kerusakan bearing sebagaimana dijelaskan pada literatur vibrasi mesin berputar [7]. Pengukuran vibrasi dilakukan menggunakan alat VIBXpert II, yang banyak digunakan dalam praktik *condition monitoring* untuk memperoleh parameter kecepatan getaran dan pola spektrum frekuensi (FFT) pada tiga arah pengukuran, yaitu horizontal, vertikal, dan aksial [8], [9]. Selain itu, alat Fluke 62 Max digunakan untuk memastikan temperatur motor tetap stabil sehingga tidak memengaruhi akurasi data. Evaluasi tingkat keparahan getaran mengacu pada standar ISO 10816 yang merupakan rujukan utama dalam penilaian kondisi mesin berputar [10].

Setelah data *baseline* diperoleh, tindakan penguatan struktur (*structure reinforcement*) dilakukan oleh teknisi pemeliharaan, meliputi pengetatan ulang baut pondasi, pemasangan pelat penguat, perbaikan celah dudukan, pengelasan titik yang melemah, serta penyetelan ulang posisi dasar motor. Prosedur perbaikan ini mengacu pada prinsip peningkatan kekakuan struktur dan penghilangan sumber resonansi sebagaimana direkomendasikan dalam literatur pemeliharaan mesin industri [4], [6]. Pengukuran ulang vibrasi dilakukan setelah seluruh tindakan perbaikan selesai, menggunakan titik dan kondisi operasi yang sama untuk menjaga konsistensi data. Nilai RMS sebelum dan sesudah perbaikan dibandingkan untuk mengetahui efektivitas tindakan penguatan struktur dalam menurunkan tingkat getaran. Selain itu, spektrum FFT dianalisis untuk mengamati perubahan harmonisa yang berkaitan dengan fenomena *structural looseness* [7]. Hasil pengukuran kemudian dievaluasi berdasarkan klasifikasi ISO 10816 guna menentukan apakah kondisi motor berpindah dari zona berbahaya menuju zona aman. Pendekatan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas *structure reinforcement* dalam meningkatkan stabilitas getaran motor dan mendukung implementasi *predictive maintenance* di lingkungan industri semen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis perubahan vibrasi motor 51BE125-M2 sebagai penggerak *bucket elevator* di area kiln PT Semen Baturaja Tbk.

Tabel 1. Pengukuran pertama perubahan vibrasi motor 51BE125-M2

Measurement Date	NDE V	NDE H	NDE A	DE V	DE H	DE A	3V	3H	3A	4V	5V	5A	6V	6A	FV	FH	FA
Sunday, April 27, 2025	1.90	7.50	1.50	3.20	4.00	1.30	1.50	3.50	1.00	1.40	1.70	2.90	2.00	3.90	1.50	0.90	1.50
Monday, June 16, 2025	3.99	10.36	1.18	3.34	5.65	1.74	0.95	5.43	1.02	2.59	2.72	4.67	2.38	4.96			
Monday, June 23, 2025	4.75	8.64	1.14	2.54	6.08	1.52	0.90	4.83	0.99	2.07	1.75	3.45	2.25	3.64	2.20	1.76	1.81
Thursday, July 03, 2025	2.92	8.65	1.69	3.28	6.67	1.95	1.78	4.28	1.34	1.39	1.65	2.99	1.97	2.93			

Pengukuran awal dilakukan untuk memperoleh *baseline* kondisi motor. Berdasarkan parameter *velocity* RMS dan spektrum FFT, nilai vibrasi tercatat berada pada kategori tinggi menurut ISO 10816, mendekati zona C/D. Getaran terbesar muncul pada arah horizontal dan aksial, yang mengindikasikan adanya gangguan mekanis seperti *misalignment*, *unbalance*, atau *structural looseness*. Spektrum FFT menunjukkan munculnya harmonisa pada 2× hingga 4×RPM selain puncak 1×RPM. Pola ini menandakan bahwa getaran tidak hanya berasal dari komponen berputar, tetapi juga dari ketidakstabilan struktur pendukung motor. Temuan lapangan mengonfirmasi adanya baut pondasi yang mengendur, celah pada dudukan motor, serta kurangnya kekakuan *platform*. Kondisi tersebut menyebabkan *micro-movement* yang memperkuat resonansi dan dapat berdampak pada meningkatnya risiko kerusakan *bearing* serta gangguan transmisi daya.

Tabel 2. Pengukuran kedua perubahan vibrasi motor 51BE125-M2

Measurement Date	NDE V	NDE H	NDE A	DE V	DE H	DE A	3V	3H	3A	4V	5V	5A	6V	6A
Tuesday, July 08, 2025	2.68	2.66	2.16	2.76	5.14	1.64	1.17	2.93	1.33	2.61	2.53	2.41	3.95	2.11
Monday, July 28, 2025	3.75	3.43	1.86	2.59	4.86	1.54	1.69	2.85	1.34	1.67	1.55	2.29	1.29	2.95

Untuk mengatasi hal ini dilakukan tindakan penguatan struktur berupa pengetatan ulang baut pondasi, pengelasan titik lemah, pemasangan pelat penguat, dan perbaikan celah dudukan. Setelah

perbaikan, pengukuran ulang menunjukkan penurunan signifikan nilai RMS pada semua arah pengukuran, dengan perbaikan terbesar pada arah horizontal. Spektrum FFT pascaperbaikan juga menunjukkan hilangnya harmonisa $2\times-3\times\text{RPM}$, menandakan bahwa sumber resonansi telah tereliminasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingginya vibrasi awal terutama disebabkan oleh integritas struktur yang lemah, bukan kerusakan komponen internal motor. Dengan meningkatnya kekakuan struktur, mekanisme amplifikasi getaran dapat dihentikan dan motor kembali bekerja dalam kondisi stabil. Secara keseluruhan, penguatan struktur terbukti efektif dalam menurunkan vibrasi dan meningkatkan keandalan operasional *bucket elevator*, sekaligus mendukung implementasi *predictive maintenance* pada area kiln.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penguatan struktur (*structure reinforcement*) pada motor 51BE125-M2 di area kiln PT Semen Baturaja Tbk efektif dalam menurunkan tingkat vibrasi dan meningkatkan stabilitas operasi mesin. Pengukuran awal menunjukkan bahwa nilai vibrasi motor berada pada kategori tinggi menurut ISO 10816 akibat kelonggaran struktural pada pondasi dan dudukan motor, yang tercermin dari munculnya harmonisa berlebih pada spektrum FFT. Setelah dilakukan penguatan struktur melalui pengetatan baut, pemasangan pelat penguat, perbaikan sambungan, dan penyetelan ulang dudukan motor, nilai RMS vibrasi menurun secara signifikan pada seluruh arah pengukuran dan harmonisa $2\times-4\times\text{RPM}$ yang sebelumnya muncul hilang. Perubahan ini menunjukkan bahwa sumber utama getaran berasal dari ketidakstabilan struktur pendukung, bukan dari komponen internal motor. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa integritas struktur merupakan faktor penting dalam performa vibrasi mesin berputar. Penguatan struktur menjadi langkah teknis yang efektif untuk meningkatkan keandalan motor *bucket elevator*, mendukung kelancaran proses kiln, dan memperkuat penerapan *predictive maintenance* guna mencegah kerusakan serta potensi *unscheduled shutdown* pada industri semen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Nursalim, F. U. Albab, dan R. Haerudin, "Analisis kecepatan pemindahan butiran jagung terhadap kapasitas kerja mesin bucket elevator type vertical pada input mesin penggilingan jagung," *Jurnal Fakultas Teknik Kuningan*, vol. 5, no. 2, pp. 48–54, 2024, doi: 10.70476/jft.v5i2.1. [Jurnal UNISA Kuningan](#)
- [2]. F. Y. Utama dan C. Z. Achmad, "Bucket elevator M2202 maintenance di unit phosphat acid PT. XXX," *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, vol. 2, no. 2, pp. 42–49, Apr. 2020, doi: 10.26740/inajet.v2n2.p42-49. [Jurnal UNESA](#)
- [3]. R. Rohmat, "Analisis perawatan mesin conveyor dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 3, no. 1, pp. 145–154, 2022, doi: 10.30587/justicb.v3i1.4761. [Jurnal UMG](#)
- [4]. D. Aldyansyah *et al.*, "Perawatan mesin alat berat wheel loader PT. XYZ," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 18–23, 2025, doi: 10.9744/jtm.20.1.18-23. [Jurnal Mesin](#)
- [5]. Y. A. Ramitsa dan C. D. Indrawati, "Analisis dan usulan peningkatan efektivitas mesin centrifugal dengan pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, dan Total Productive Maintenance (TPM)," *Widya Teknik*, vol. 24, no. 2, 2025, doi: 10.33508/wt.v24i2.7406. [Jurnal UKWMS](#)
- [6]. F. D. Ada, T. A. R. Arungpadang, dan J. Mende, "Analisis kinerja perawatan Rubber Tyred Gantry dengan Total Productive Maintenance di terminal peti kemas," *Jurnal Tekno Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 39–47, 2024, doi: 10.35793/jtm.v10i1.51996. [E-Journal Unsrat](#)
- [7]. W. W. Pradana dan W. Widiasih, "Penjadwalan waktu preventive maintenance untuk meningkatkan kinerja mesin frais dan bubut," *Journal of Industrial View*, vol. 5, no. 1, 2024, doi: 10.26905/jiv.v5i1.9317. [Jurnal Universitas Merdeka Malang](#)

- [8]. A. M. Abid dan F. Universitas Bojonegoro, "Menentukan penjadwalan maintenance mesin finish mill dengan metode FMEA," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 1, no. 2, 2025, doi: 10.56071/jtmsi.v1i2.435. [Ejournal Unigoro](#)
- [9]. S. M. Ibrahim, E.-M. Go, dan J. Iranda, "Scalable and secure IoT-driven vibration monitoring: advancing predictive maintenance in industrial systems," *Journal of Technology Informatics and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 370–381, 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i3.210. [Jurnal Teknologi Informatika dan Teknik](#)
- [10]. Y. Siswanto, A. S. Opu, I. Nurjannah, dan H. Pakiding, "Design of Internet of Things (IoT) based bearing monitoring tool," *Otopro*, vol. 21, no. 1, pp. 13–21, 2025, doi: 10.26740/otopro.v21n1.p13-21. [Jurnal UNESA](#)



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).