VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

ANALISIS TEMPERATUR *MOTOR* DAN *GEARBOX RAW MILL V* PT. SEMEN TONASA DALAM RANGKA *PREVENTIVE MAINTENANCE*

Muh Darwis[1], Zaenal[2]
Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pejuang Republik Indonesia[1,2]
Email : muhdarwis41@gmail.com

Diterima: *12/10/2026*; Direvisi: *18/10/2026*; Diterbitkan: *2/11/2026*

ABSTRAK

Keandalan sistem penggerak utama pada unit penggilingan bahan mentah (*raw mill*) memegang peranan krusial dalam menjaga kelangsungan proses produksi semen industri berat. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik temperatur operasional pada *motor* induksi tiga fasa 532MD01M dan *gearbox* 532MD01R unit *Raw Mill* V PT Semen Tonasa sebagai instrumen deteksi dini dalam program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*). Metode penelitian kuantitatif ini menerapkan teknik observasi terstruktur dan analisis komparatif terhadap data pengukuran termal langsung menggunakan *infrared thermometer* serta rekaman data telemetri *distributed control system* (DCS) selama tiga hari pengamatan. Pengukuran parameter vibrasi dan kondisi bantalan (*bearing enveloped acceleration*) turut dianalisis sebagai data pendukung guna memvalidasi integritas mekanis sistem transmisi roda gigi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur rata-rata *motor* pada sisi *drive end* (DE) mencapai 55 °C dan *non-drive end* (NDE) sebesar 47,70 °C dengan nilai puncak tertinggi 68 °C. Sementara itu, temperatur rata-rata *gearbox* pada sisi DE tercatat sebesar 48,20 °C dan NDE sebesar 49,10 °C dengan nilai puncak tertinggi 65 °C. Seluruh nilai temperatur terukur berada jauh di bawah ambang batas kritis yang ditetapkan dalam standar operasional prosedur perusahaan, yaitu 85 °C untuk *motor* dan 75 °C untuk *gearbox*, serta didukung oleh tingkat vibrasi stabil di bawah batas aman ISO 10816-3. Simpulan penelitian menegaskan bahwa kedua peralatan utama berada dalam kondisi termal yang andal dan layak operasi, sehingga integrasi pemantauan temperatur berkala terbukti efektif mencegah anomali pemanasan berlebih (*overheating*) serta meminimalkan risiko penghentian operasional pabrik yang tidak terencana.
Kata Kunci: *Gearbox, Motor Induksi, Preventive Maintenance, Raw Mill, Temperatur Operasional*

ABSTRACT

The operational reliability of the primary drive system in a raw mill grinding unit plays a crucial role in maintaining continuous clinker manufacturing within heavy cement industries. This study aims to analyze the operational thermal characteristics of the three-phase induction motor 532MD01M and gearbox 532MD01R in Raw Mill Unit V at PT Semen Tonasa as an early diagnostic instrument within the preventive maintenance framework. This quantitative study employed structured direct observation and comparative analysis using an infrared thermometer alongside digital telemetry trends retrieved from the distributed control system (DCS) across a three-day monitoring period. Mechanical vibration velocity and bearing enveloped acceleration (gE) parameters were simultaneously analyzed as secondary validation metrics to evaluate transmission integrity. The results revealed that the average motor temperatures at the drive end (DE) and non-drive end (NDE) were 55 °C and 47.70 °C, respectively, with a maximum peak of 68 °C. Meanwhile, the gearbox exhibited average temperatures of 48.20 °C at the DE and 49.10 °C at the NDE, peaking at 65 °C. All measured thermal profiles remained well below the

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

maximum critical thresholds stipulated in the company's standard operating procedures (85 °C for the motor and 75 °C for the gearbox), corroborated by stable mechanical vibrations within the acceptable limits of ISO 10816-3. In conclusion, both primary assets exhibited robust mechanical health and operational readiness, proving that systematic temperature monitoring effectively mitigates overheating risks and averts unscheduled plant downtime.
Keywords: *Gearbox, Induction Motor, Operational Temperature, Preventive Maintenance, Raw Mill*

PENDAHULUAN

Semen merupakan salah satu material konstruksi paling mendasar dan banyak digunakan di seluruh penjuru dunia dalam menopang percepatan pembangunan infrastruktur modern. Dalam keseluruhan rangkaian proses produksi semen, ketersediaan peralatan utama yang mampu beroperasi secara terus-menerus di bawah pembebanan kerja yang sangat tinggi merupakan syarat mutlak. Salah satu unit peralatan yang memiliki fungsi teramat vital dalam siklus pembuatan semen adalah unit *raw mill* lima (Fithry et al., 2025; Ramadhanti & Santosa, 2020). Unit ini mengemban peran operasional penting guna menggiling, mengeringkan, sekaligus menghomogenkan bahan baku mentah menjadi partikel halus berkualitas (*raw meal*) sebelum ditransmisikan menuju tanur putar (*rotary kiln*). Pada fasilitas operasional milik PT Semen Tonasa, subjek penelitian yang menjadi penggerak utama pada meja penggiling (*grinding table*) unit tersebut bertumpu pada Motor Induksi Tiga Fasa tipe 532MD01M dan *Gearbox* tipe 532MD01R. Kedua mesin penggerak industri tersebut dituntut untuk terus beroperasi pada daya serta torsi mekanis yang sangat besar, sehingga memiliki kecenderungan tinggi mengalami peningkatan panas selama menjalankan aktivitas produksi.

Secara ideal, seluruh rangkaian mesin berdaya besar dalam lini produksi industri berat harus mampu beroperasi secara stabil dengan profil temperatur kerja yang selalu berada dalam batas toleransi aman. Kestabilan temperatur merupakan parameter mendasar yang mencerminkan tingkat kesehatan teknis serta integritas mekanis dari peralatan penggerak industri yang sedang bekerja. Namun, realitas yang terjadi di lapangan sering kali memperlihatkan ketidaksesuaian akibat gesekan antarkomponen mekanik, ketidaksempurnaan sistem sirkulasi pelumasan, penurunan kualitas oli, maupun pembebanan dinamis yang melebihi kapasitas normal. Kondisi tersebut memicu timbulnya fenomena pemanasan berlebih (*overheating*) yang dapat menurunkan performa kerja mesin secara drastis. Apabila anomali kenaikan suhu operasional pada Motor Induksi 532MD01M dan *Gearbox* 532MD01R tidak ditangani secara cepat dan tepat, degradasi isolasi kelistrikan serta keausan pada bantalan (*bearing*) akan memburuk. Dampak fatal dari keterlambatan penanganan ini adalah timbulnya kerusakan struktural permanen yang memaksa penghentian operasi pabrik secara mendadak (*breakdown downtime*), sehingga menimbulkan kerugian biaya pemeliharaan dan penurunan kapasitas produksi semen (Devita, 2025; Putra, 2025).

Sebagai bentuk komitmen dalam menjaga ketersediaan alat, pihak manajemen pabrik telah merumuskan standar operasional prosedur yang menetapkan ambang batas temperatur kerja maksimum untuk unit motor penggerak dan transmisi roda gigi. Penerapan program pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) menjadi landasan strategis yang sangat diperlukan guna mempertahankan masa pakai peralatan secara optimal (Bakti & Meriani, 2021; Fischer et al., 2026; Rahyadi & DESMIRA, 2025). Dalam pelaksanaannya, proses pengawasan temperatur operasional dilakukan melalui pemantauan telemetri digital terpusat (*distributed control system*) serta pengukuran termal secara langsung di area instalasi pabrik dengan memanfaatkan instrumen termometer inframerah (*infrared thermometer*) (Eryantono et al.,

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

2020; Mehora, 2020; Rahman & Hamid, 2025; Widodo et al., 2023). Nilai temperatur terukur tersebut semestinya selalu dibandingkan terhadap parameter standar baku perusahaan untuk memastikan kelaikan mesin sebelum terjadi degradasi fungsi. Meskipun prosedur pengawasan berkala telah tersedia, tantangan operasional di lantai pabrik menuntut adanya pengamatan data termal yang lebih komprehensif, terstruktur, serta berkesinambungan agar potensi anomali sekecil apa pun pada subjek penelitian dapat diantisipasi sebelum berkembang menjadi gangguan mekanis yang jauh lebih kompleks dan membahayakan keandalan sistem keselamatan operasional mesin pabrik.

Kajian terdahulu di sektor industri semen memang telah banyak menelaah fenomena gangguan kelistrikan pada motor induksi, analisis kekritisan peralatan melalui metode keandalan, hingga keterkaitan kenaikan suhu dengan terhentinya operasional mesin (Pradana, 2020; Pujiyanto & Darmana, 2022; Ramadhan et al., 2024). Kendati demikian, telaah mendalam yang secara terpadu dan khusus memusatkan perhatian pada pengawasan kondisi berbasis parameter temperatur operasional pada Motor Induksi 532MD01M dan *Gearbox* 532MD01R di unit *Raw Mill* V masih belum pernah diangkat secara komprehensif. Celah inilah yang menjadi dasar timbulnya nilai kebaruan serta inovasi dalam penelitian ini. Nilai inovasi tersebut dihadirkan melalui integrasi metodologi pemantauan temperatur secara simultan, yang memadukan data telemetri kendali otomatis dengan verifikasi pengukuran termal portabel di lapangan. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi distribusi termal secara akurat, presisi, dan berlapis, sehingga evaluasi kondisi kesehatan mesin tidak hanya bergantung pada satu sumber pembacaan semata, melainkan mampu menyajikan pemetaan kondisi fisik mesin yang jauh lebih tepercaya bagi manajemen pemeliharaan fasilitas industri pabrik pengolahan semen yang sarat teknologi canggih.

Berpijak pada urgensi dan kebaruan tersebut, penelitian ini difokuskan secara khusus untuk menganalisis karakteristik temperatur operasional pada subjek penelitian, yaitu Motor Induksi 532MD01M dan *Gearbox* 532MD01R unit *Raw Mill* V di PT Semen Tonasa. Penyelidikan ini diarahkan untuk mengidentifikasi besaran riil temperatur yang terbentuk pada kedua peralatan penggerak vital tersebut selama menjalankan proses penghalusan material di lapangan. Selain itu, kajian ini bertujuan mengevaluasi tingkat kesesuaian nilai temperatur terukur terhadap ambang batas kelayakan yang telah digariskan dalam standar operasional prosedur perusahaan. Tanpa mendahului simpulan data akhir, pelaksanaan studi ini dirancang untuk memperkuat implementasi pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) melalui deteksi dini terhadap timbulnya kondisi termal abnormal. Dengan diketahuinya profil temperatur secara komparatif terhadap standar teknis pabrik, risiko kerusakan fatal akibat pemanasan berlebih dapat dicegah sedini mungkin, masa pakai komponen transmisi dapat diperpanjang, serta potensi kerugian operasional akibat penghentian produksi semen yang tidak terencana dapat ditekan seminimal mungkin demi menjaga kelancaran rantai pasokan.

METODE PENELITIAN

Riset kuantitatif ini menerapkan metode observasi langsung dan analisis komparatif untuk mengevaluasi kinerja termal peralatan industri secara objektif di lapangan. Agenda investigasi teknis dilaksanakan secara terstruktur pada fasilitas produksi PT Semen Tonasa di Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengambilan data lapangan difokuskan pada unit operasional *raw mill* V sepanjang 3 hari pengamatan, mulai dari 10 hingga 12 Agustus 2026. Peneliti memfokuskan amatan pada 2 objek mekanikal utama, yaitu motor listrik induksi 3 fasa kode 532MD01M serta *planetary gearbox* kode 532MD01R. Prosedur akuisisi data primer dikerjakan melalui

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

koordinasi terpadu bersama tim pemeliharaan dan operator ruang kendali guna menjamin keaslian pencatatan operasional pabrik. Peneliti menetapkan 3 titik inspeksi kritis yang mencakup bantalan poros sisi beban, bantalan poros sisi tanpa beban, serta rumah pelindung roda gigi. Langkah ini dijalankan secara mandiri, netral, transparan, objektif, terukur, dan presisi tanpa mengganggu stabilitas rantai manufaktur semen yang sedang beroperasi normal harian.

Teknik pengumpulan data aktual lapangan memadukan penarikan data rekaman riwayat sistem kendali terdistribusi via antarmuka manusia mesin serta inspeksi langsung menggunakan *infrared thermometer*. Selain pemantauan suhu, peralatan pendukung berupa *vibration analyzer* seri mutakhir dan kamera digital digunakan untuk mendokumentasikan kondisi fisik aset mekanikal secara komprehensif. Bahan acuan yang digunakan meliputi catatan standar operasional prosedur termal internal pabrik, lembar data riwayat sistem kendali, serta hasil tabulasi pengukuran aktual. Tahapan pengolahan data numerik dieksekusi melalui metode komparatif yang menggabungkan *trend analysis* harian dan analisis perbandingan langsung terhadap ambang batas toleransi resmi perusahaan. Seluruh rangkaian fluktuasi suhu disajikan dalam bentuk draf grafik tren serta tabel komparasi guna memverifikasi deviasi termal antara pembacaan sensor otomatis dengan hasil pengukuran lapangan. Data getaran mesin diposisikan sebagai parameter validasi sekunder guna mengonfirmasi stabilitas mekanik komponen. Seluruh prosedur pengujian diselesaikan secara terstruktur demi menghasilkan kesimpulan teknis yang sahih, akurat, kredibel, transparan, objektif, konsisten, dan akuntabel secara industri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengumpulan data primer operasional motor induksi 532MD01M unit *Raw Mill* V dilaksanakan pada tiga interval waktu pengamatan harian, yaitu pukul 10 WITA, 14 WITA, dan 16.30 WITA. Parameter yang diukur mencakup temperatur bantalan sisi penggerak (*drive end* / DE), temperatur bantalan sisi bebas (*non-drive end* / NDE), getaran mekanis tiga sumbu (horizontal, vertikal, dan aksial), serta percepatan getaran bantalan (*bearing* gE). Data rekaman pengukuran motor penggerak utama tersebut dirangkum secara sistematis pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Pengukuran Temperatur, Vibrasi, dan Kondisi Bantalan Motor 532MD01M Raw Mill V

Tanggal	Waktu	Temperatur (°C)		Vibrasi DE (mm/s)			Vibrasi NDE (mm/s)			Bantalan (gE)		Status Kondisi
		DE	NDE	H	V	Ax	H	V	Ax	DE	NDE	
10/08/2026	10:00	56,0	52,0	1,6	0,0	1,9	1,4	0,0	0,0	0,3	0,2	Normal
	14:00	51,0	46,0	1,9	0,0	2,4	1,7	0,0	0,0	0,4	1,0	Normal
	16:30	51,0	47,0	1,6	0,0	2,1	1,5	0,0	0,0	0,4	0,2	Normal
11/08/2026	10:00	68,0	50,0	2,1	0,0	1,9	1,8	0,0	0,0	0,3	0,2	Normal

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

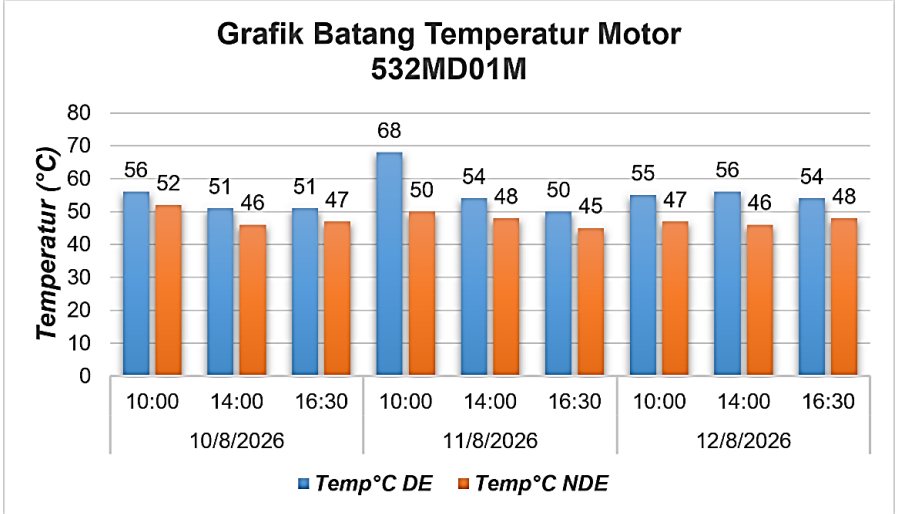
VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

	14:00	54,0	48,0	2,1	0,0	2,5	1,7	0,0	0,0	0,3	0,2	Normal
	16:30	50,0	45,0	2,2	0,0	2,1	1,7	0,0	0,0	0,2	0,6	Normal
12/08/2026	10:00	55,0	47,0	2,2	0,0	2,2	1,6	0,0	0,0	1,1	0,1	Normal
	14:00	56,0	46,0	1,7	0,0	1,7	1,1	0,0	0,0	0,9	0,1	Normal
	16:30	54,0	48,0	1,7	0,0	1,5	1,1	0,0	0,0	0,4	0,2	Normal
Rata-rata		**55,0**	**47,7**	**1,9**	**0,0**	**2,0**	**1,5**	**0,0**	**0,0**	**0,5**	**0,3**	**Normal**

Sumber: Data Primer Pengukuran Lapangan PT Semen Tonasa (2026)

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa nilai temperatur operasional motor 532MD01M pada sisi DE memiliki nilai rata-rata sebesar 55 °C dan pada sisi NDE sebesar 47,70 °C. Temperatur tertinggi terdeteksi pada tanggal 11 Agustus 2026 pukul 10 WITA dengan nilai 68, °C pada sisi DE dan 50 °C pada sisi NDE. Seluruh nilai temperatur terukur berada di bawah ambang batas maksimum 85 °C yang ditetapkan dalam standar operasional prosedur pabrik. Nilai percepatan getaran bantalan rata-rata tercatat sebesar 0,50 gE pada sisi DE dan 0,30 gE pada sisi NDE, yang mengindikasikan bahwa bantalan motor tidak mengalami indikasi keausan dini atau cacat lintasan gelinding.

Fluktuasi temperatur kerja motor penggerak selama periode pengamatan tiga hari divisualisasikan secara grafis untuk memetakan dinamika pemanasan pada bantalan DE dan NDE. Pola sebaran data termal motor tersebut digambarkan secara kronologis pada Gambar 1 berikut:



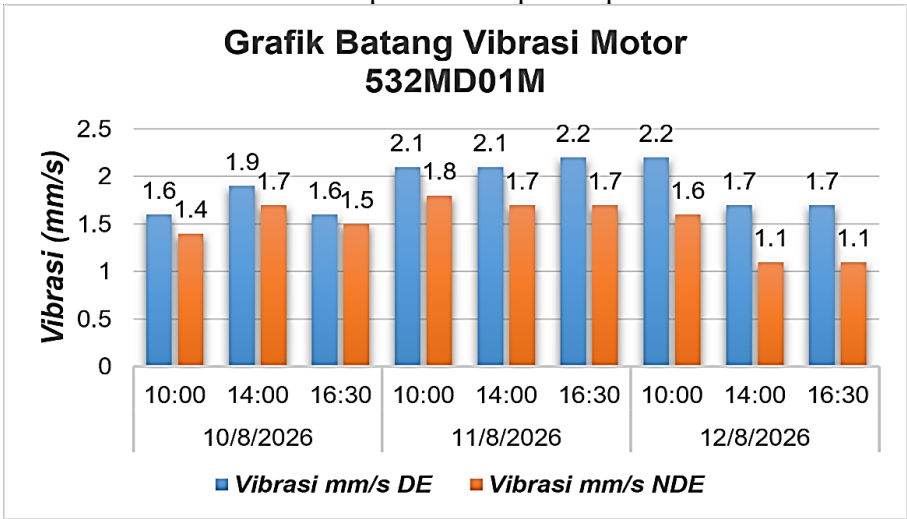
Gambar 1. Grafik Tren Fluktuasi Temperatur Bantalan Motor Listrik 532MD01M

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa kurva temperatur sisi DE secara konsisten lebih tinggi dibandingkan sisi NDE sepanjang sembilan sesi pencatatan. Kenaikan temperatur tertinggi yang mencapai 68 °C terjadi pada sesi pagi hari kedua sebelum kembali melandai pada kisaran 50–56 °C pada sesi-sesi berikutnya. Pola kurva menunjukkan kestabilan pelepasan panas secara konvektif tanpa adanya lonjakan eksponensial yang mengarah pada pemanasan berlebih (*overheating*). Dengan demikian, profil termal motor 532MD01M terbukti berada dalam batas toleransi kerja yang aman.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Sebagai parameter verifikasi mekanis pendukung, tren getaran motor diukur pada arah horizontal, vertikal, dan aksial untuk memastikan stabilitas posisi poros motor. Pola dinamika getaran mekanis motor listrik selama inspeksi ditampilkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik Tren Kecepatan Vibrasi Mekanis Motor Listrik 532MD01M

Berdasarkan Gambar 2, nilai kecepatan getaran mekanis tertinggi tercatat sebesar 2,50 mm/s pada arah aksial sisi DE pada tanggal 11 Agustus 2026 pukul 14 WITA. Rata-rata getaran horizontal pada sisi DE tercatat sebesar 1,90 mm/s dan getaran aksial DE sebesar 2 mm/s. Tidak terdeteksi adanya lonjakan simpangan getaran yang melebihi batas kritis kelas mesin besar berfondasi kaku. Kestabilan amplitudo getaran ini membuktikan bahwa motor beroperasi tanpa mengalami ketidakseimbangan massa (*unbalance*) atau ketidaksejajaran poros (*misalignment*).

Pengamatan terhadap unit transmisi daya *gearbox* 532MD01R unit *Raw Mill* V dilakukan pada titik ukur dan waktu yang bersamaan dengan motor penggerak. Pengukuran temperatur difokuskan pada rumah bantalan sisi masukan (*drive end*) dan sisi keluaran roda gigi (*non-drive end*). Hasil tabulasi parameter termal dan mekanis *gearbox* disajikan secara lengkap pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Pengukuran Temperatur, Vibrasi, dan Kondisi Bantalan Gearbox 532MD01R Raw Mill V

Tanggal	Waktu	Temperatur (°C)		Vibrasi DE (mm/s)			Vibrasi NDE (mm/s)			Bantalan (gE)		Status Kondisi
		DE	NDE	H	V	Ax	H	V	Ax	DE	NDE	
10/08/2026	10:00	48,0	50,0	1,6	0,0	1,8	1,2	0,0	0,0	0,1	0,2	Normal
	14:00	46,0	48,0	2,0	0,0	1,9	1,4	0,0	0,0	0,2	0,2	Normal
	16:30	47,0	49,0	1,6	0,0	1,8	1,2	0,0	0,0	0,1	0,3	Normal
11/08/2026	10:00	43,0	46,0	2,0	0,0	1,9	1,4	0,0	0,0	0,2	0,2	Normal

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

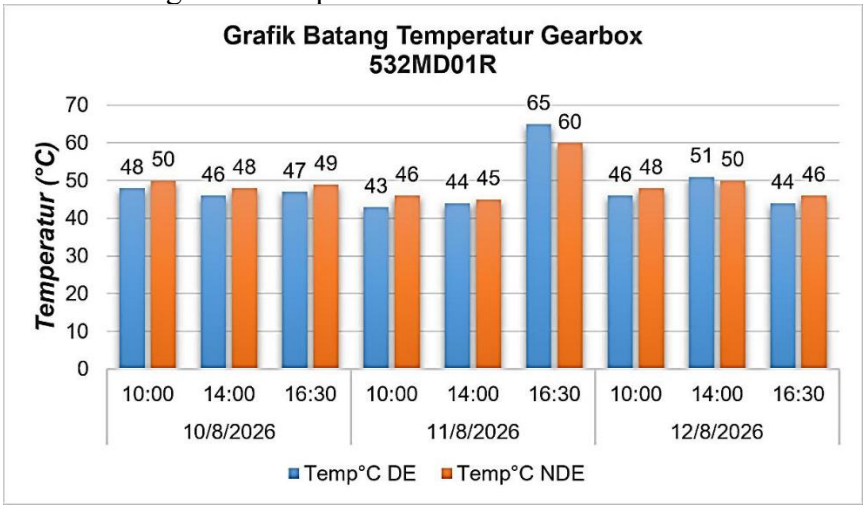
VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

	14:00	44,0	45,0	1,1	0,0	2,2	1,2	0,0	0,0	0,1	0,3	Normal
	16:30	65,0	60,0	1,5	0,0	2,4	1,3	0,0	0,0	0,2	0,2	Normal
12/08/2026	10:00	46,0	48,0	1,3	0,0	1,6	1,0	0,0	0,0	0,2	0,2	Normal
	14:00	51,0	50,0	1,5	0,0	2,0	1,2	0,0	0,0	0,1	0,2	Normal
	16:30	44,0	46,0	1,2	0,0	1,9	1,3	0,0	0,0	0,2	0,3	Normal
Rata-rata		**48,2**	**49,1**	**1,5**	**0,0**	**1,9**	**1,2**	**0,0**	**0,0**	**0,2**	**0,2**	**Normal**

Sumber: Data Primer Pengukuran Lapangan PT Semen Tonasa (2026)

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa temperatur rata-rata *gearbox* 532MD01R pada sisi DE tercatat sebesar 48,20 °C dan pada sisi NDE sebesar 49,10 °C. Temperatur tertinggi pada unit transmisi ini terjadi pada tanggal 11 Agustus 2026 pukul 16.30 WITA dengan nilai 65 °C pada sisi DE dan 60 °C pada sisi NDE. Nilai operasional tersebut masih berada jauh di bawah batas maksimum standar operasional prosedur perusahaan, yaitu 75 °C. Nilai percepatan getaran bantalan rata-rata pada *gearbox* sangat rendah, yakni 0,20 gE pada sisi DE dan 0,23 gE pada sisi NDE, yang menandakan kondisi pelumasan antargigi reduksi berada dalam kondisi sangat prima.

Distribusi pergerakan temperatur pada rumah transmisi *gearbox* selama pengamatan disajikan dalam bentuk grafik garis untuk melihat respons pendinginan oli pelumas. Profil termal *gearbox* tersebut digambarkan pada Gambar 3 berikut:



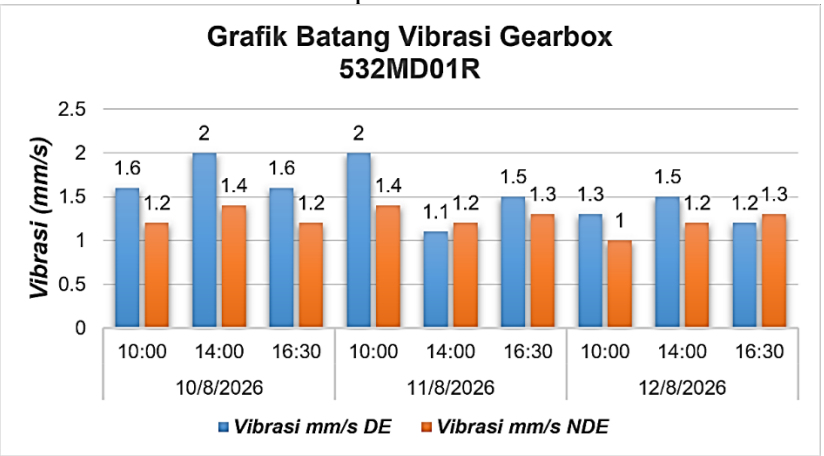
Gambar 3. Grafik Tren Fluktuasi Temperatur Rumah Transmisi Gearbox 532MD01R

Berdasarkan Gambar 3, fluktuasi temperatur pada *gearbox* memperlihatkan pola yang sangat stabil pada kisaran 43–51 °C pada sebagian besar periode pengamatan. Kenaikan suhu sesaat hingga mencapai 65 °C pada sore hari kedua bertepatan dengan lonjakan laju pengumpanan material mentah (*feed rate*) ke dalam meja penggiling. Suhu tersebut segera terkoreksi kembali menuju 46 °C pada pengamatan pagi hari berikutnya berkat efektivitas sistem pendinginan sirkulasi oli paksa (*forced lubrication cooling system*). Karakteristik kurva ini membuktikan bahwa pembuangan panas pada rumah roda gigi berlangsung secara optimal.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

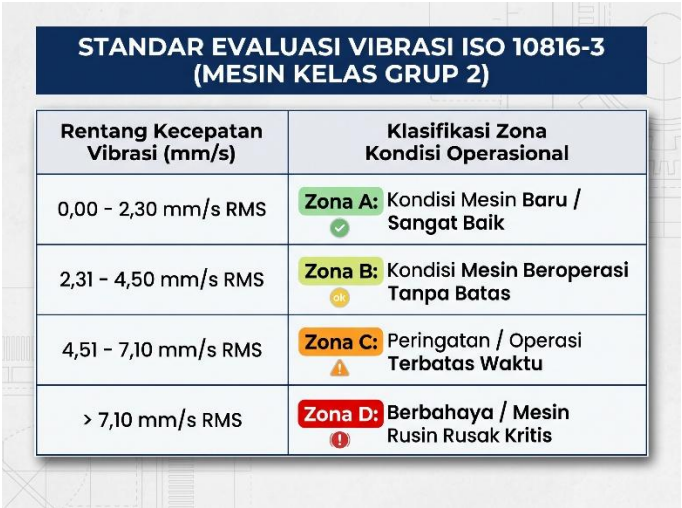
Tingkat getaran mekanis pada poros masukan dan keluaran *gearbox* dipantau guna memvalidasi bahwa transmisi daya roda gigi planetary tidak mengalami beban kejut abnormal. Tren getaran mekanis *gearbox* tersebut divisualisasikan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Grafik Tren Kecepatan Vibrasi Mekanis Gearbox 532MD01R

Berdasarkan Gambar 4, getaran horizontal rata-rata pada sisi DE tercatat sebesar 1,50 mm/s dan getaran aksial DE sebesar 1,90 mm/s dengan nilai puncak 2,40 mm/s. Pada sisi NDE, getaran horizontal rata-rata tercatat sebesar 1,20 mm/s tanpa adanya getaran vertikal yang terdeteksi. Seluruh besaran getaran mekanis *gearbox* berada dalam rentang nilai yang seragam dan konsisten di bawah ambang batas getaran industri berat. Parameter ini membuktikan bahwa kontak antargigi reduksi berada dalam kondisi terlumasi dengan baik tanpa adanya gejala keausan permukaan (*pitting* atau *scuffing*).

Penilaian keparahan getaran mekanis pada kedua mesin penggerak dievaluasi mengacu pada standar internasional ISO 10816-3:2009 untuk mesin industri berdaya di atas 15 kW. Standar klasifikasi keparahan getaran mesin industri kategori Grup 2 disajikan pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Standar Penilaian Tingkat Keparahan Vibrasi ISO 10816-3 Grup 2 Fondasi Kaku

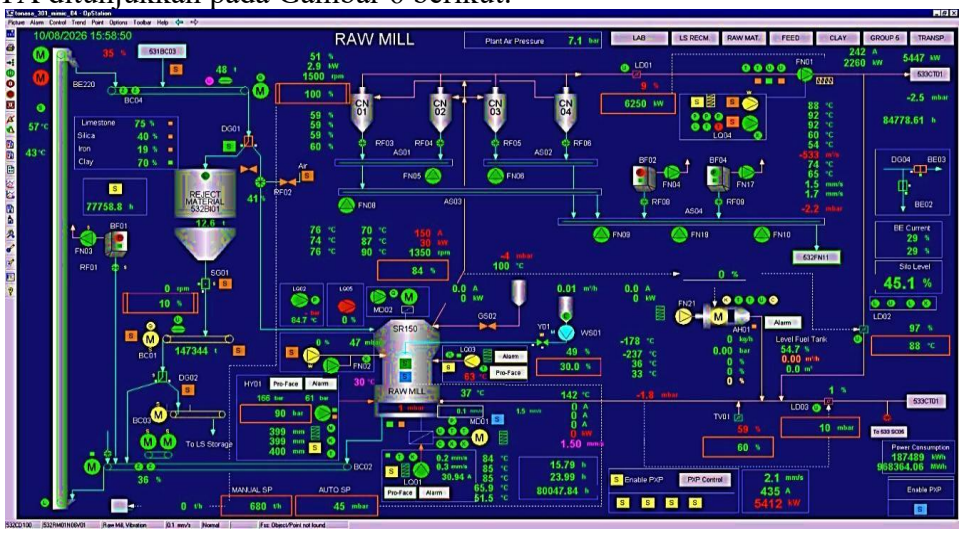
Berdasarkan Gambar 5, rentang getaran mesin industri terbagi ke dalam empat zona kelaikan operasi, mulai dari Zona A hingga Zona D. Nilai getaran terukur pada motor 532MD01M (maksimum 2,50 mm/s) dan *gearbox* 532MD01R (maksimum 2,40 mm/s) menempatkan kedua aset mekanikal ini berada dominan di perbatasan Zona A dan Zona B.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Posisi ini mengonfirmasi bahwa mesin diizinkan untuk beroperasi secara terus-menerus dalam jangka panjang tanpa pembatasan waktu. Tidak ada nilai getaran yang menyentuh Zona C apalagi Zona D yang menandakan potensi kegagalan struktural.

Sebagai langkah validasi silang data primer, peneliti mengambil data sekunder dari rekaman antarmuka telemetri digital *distributed control system* (DCS) di ruang kendali pusat. Tampilan visual status instrumen DCS saat perekaman data tanggal 10 Agustus 2026 pukul 15.58 WITA ditunjukkan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Rekaman Antarmuka Telemetri Distributed Control System (DCS) Raw Mill *V*

Berdasarkan Gambar 6, nilai kecepatan getaran yang terekam pada instrumen otomatis ruang kendali pusat menunjukkan angka 2,10 mm/s pada motor penggerak utama MD01. Nilai telemetri digital ini bersesuaian erat dengan hasil pengukuran langsung menggunakan alat portabel SKF Microlog di lantai pabrik pada waktu yang sama, yaitu sebesar 2,20 mm/s. Deviasi yang sangat kecil sebesar 0,10 mm/s membuktikan tingkat akurasi dan validitas pengukuran data primer yang dihimpun di lapangan. Konsistensi pembacaan data otomatis dan manual ini mempertegas bahwa kondisi operasional mesin terpantau secara presisi dan objektif.

Pembahasan

Karakteristik temperatur operasional motor induksi 532MD01M yang berada pada rentang rata-rata 47,70–55 °C mencerminkan efektivitas sistem pelepasan panas termal mesin di bawah beban operasional pabrik. Berdasarkan prinsip termodinamika dan perpindahan panas konvektif, perbedaan suhu antara sisi *drive end* (DE) dan *non-drive end* (NDE) terjadi karena sisi DE terhubung langsung dengan poros transmisi beban penggilingan yang menerima reaksi torsi mekanis dinamis (Fithry et al., 2025). Kenaikan temperatur puncak mencapai 68 °C pada tanggal 11 Agustus 2026 pukul 10 WITA merupakan fenomena transien termal yang wajar akibat akumulasi beban material bahan baku (*raw mix*) yang lebih keras pada meja penggilingan. Fakta bahwa temperatur puncak tersebut masih berjarak aman sebesar 17 °C di bawah batas kritis 85 °C membuktikan bahwa kelas isolasi termal belitan stator dan pelumasan gemuk (*grease*) bantalan motor masih bekerja optimal dalam menahan degradasi termal.

Pada unit transmisi *gearbox* 532MD01R, kestabilan temperatur pada rentang rata-rata 48,20–49,10 °C membuktikan kinerja sirkulasi oli pelumas bertekanan (*forced oil circulation*) yang sangat prima. Ditinjau dari teori tribologi dan pelumasan roda gigi industri berat, stabilitas suhu rumah roda gigi di bawah 50 °C memastikan bahwa kekentalan viskositas kinematik oli pelumas tidak mengalami penurunan (*oil thinning*), sehingga lapisan film minyak

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

elastohidrodinamik (*elastohydrodynamic lubrication film*) dapat terbentuk sempurna di antara permukaan kontak roda gigi reduksi (Ramadhanti & Santosa, 2020). Kenaikan suhu sesaat hingga 65 °C pada sore hari kedua yang segera mereda kembali ke kondisi normal membuktikan bahwa kapasitas penukar panas (*oil heat exchanger*) memiliki laju pelepasan kalor yang memadai untuk meredam lonjakan beban termal mendadak. Integritas termal ini secara langsung mencegah keausan abrasif mikro pada gigi transmisi dan memperpanjang usia pakai pelumas sintetis industri.

Integrasi data getaran mekanis dan percepatan bantalan (*bearing* gE) memperkuat pembuktian bahwa kestabilan temperatur kedua aset industri berkorelasi langsung dengan keandalan mekanis komponen putar. Berdasarkan standar internasional ISO 10816-3:2009, seluruh amplitudo getaran motor dan *gearbox* yang berada di bawah 2,50 mm/s mengonfirmasi bahwa mesin berada pada Zona A dan Zona B yang diklasifikasikan beroperasi tanpa batasan waktu (Widodo et al., 2023). Nilai *bearing* gE yang sangat rendah (< 0,50 gE) membuktikan ketiadaan impuls tegangan frekuensi tinggi yang lazimnya menjadi tanda awal terjadinya keretakan permukaan lintasan bantalan (*spalling*) (Eryantono et al., 2020). Ketiadaan getaran aksial abnormal juga menunjukkan bahwa kelurusan poros (*shaft alignment*) antara motor penggerak dan poros masukan *gearbox* terjaga dengan toleransi sudut yang sangat presisi, sehingga tidak memicu timbulnya gaya gesek berlebih yang berpotensi menjadi sumber panas parasitik (S. & Saleh, 2022; Triyanto et al., 2024; Widiyanto et al., 2025; Yanda & Darussalam, 2024).

Kesesuaian pembacaan antara data pengukuran langsung menggunakan *infrared thermometer* dengan telemetri *distributed control system* (DCS) dengan deviasi hanya sebesar 0,10 mm/s menunjukkan derajat validitas data yang sangat tinggi. Pemanfaatan sistem pengukuran termal ganda ini berhasil menjawab kelemahan metode inspeksi konvensional yang kerap kali hanya bertumpu pada sensor stasioner DCS yang rentan mengalami pergeseran kalibrasi (*sensor drift*) (Mehora, 2020; Rahman & Hamid, 2025). Dengan memadukan inspeksi termal inframerah portabel, tim pemeliharaan memperoleh gambaran distribusi gradien suhu permukaan secara menyeluruh, termasuk pada titik-titik mati yang tidak terjangkau oleh termokopel tanam. Metode verifikasi langsung ini memperkokoh basis data riwayat kondisi fisik peralatan (*equipment history record*) yang sangat diperlukan dalam perencanaan logistik suku cadang dan penjadwalan pelumasan ulang terencana (Mardhatillah et al., 2025; Nainggolan & Maghfiroh, 2026; Paillin & Widiatmoko, 2020; Ramadhan et al., 2025).

Implikasi teknis dari temuan riset ini menegaskan bahwa strategi pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) berbasis pemantauan kondisi (*condition-based monitoring*) harus dipertahankan secara ajek sebagai standar operasional utama di PT Semen Tonasa. Pemantauan tren temperatur yang dikombinasikan dengan analisis getaran terbukti menjadi metode diagnostik non-destruktif yang sangat efektif dalam mendeteksi gejala anomali mekanis sebelum berkembang menjadi kegagalan fungsional yang fatal (Bakti & Meriani, 2021; Fischer et al., 2026; Rahyadi & Desmira, 2025). Secara manajerial, penerapan pengawasan temperatur berkala ini memberikan jaminan keandalan peralatan (*equipment reliability*), menekan biaya penggantian komponen darurat yang mahal, serta mengeliminasi kerugian finansial akibat penghentian operasi pabrik yang tidak terencana (*unplanned shutdown*). Melalui pendekatan prediktif ini, kelangsungan target produksi semen nasional pada unit *Raw Mill* V dapat dipertahankan secara efisien, aman, dan berkelanjutan (Alfadhlani et al., 2025; Devita, 2025; Putra, 2025; Yasin et al., 2021).

KESIMPULAN

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Berdasarkan hasil analisis data dan pengujian komparatif yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa temperatur operasional motor induksi 532MD01M dan *gearbox* 532MD01R unit *Raw Mill* V PT Semen Tonasa berada dalam kondisi kerja yang sangat stabil, normal, dan andal. Rata-rata temperatur motor pada sisi DE sebesar 55 °C dan NDE sebesar 47,70 °C dengan nilai tertinggi 68 °C, sementara temperatur *gearbox* pada sisi DE tercatat sebesar 48,20 °C dan NDE sebesar 49,10 °C dengan nilai tertinggi 65 °C. Seluruh parameter termal terukur berada jauh di bawah ambang batas toleransi standar operasional prosedur perusahaan, yaitu 85 °C untuk motor dan 75 °C untuk *gearbox*, yang divalidasi oleh tingkat getaran mekanis di bawah 2,50 mm/s (kategori Zona A/B ISO 10816-3). Temuan ini membuktikan bahwa sistem pendinginan, sirkulasi oli pelumas, dan kelurusan poros mekanis bekerja optimal dalam meredam timbulnya fenomena pemanasan berlebih (*overheating*), sehingga integritas struktural kedua peralatan penggerak utama tetap terjaga dengan baik.

Penerapan pengawasan temperatur berbasis kondisi ini memberikan kontribusi praktis yang signifikan dalam memperkuat efektivitas program *preventive maintenance* guna memperpanjang usia pakai bantalan dan roda gigi transmisi. Untuk pengembangan ke depan, manajemen pabrik disarankan mengintegrasikan sensor termal nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) pada rumah bantalan secara permanen agar pemantauan gradien suhu dapat diakses secara *real-time* dengan sistem peringatan dini otomatis. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi analisis degradasi kimia oli pelumas (*oil analysis*) secara simultan dengan pemodelan termal komputasional (*finite element thermal analysis*) guna memprediksi sisa masa pakai komponen mekanikal (*remaining useful life*) di bawah variasi beban dinamis pabrik secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Alfadhlani, A., Zuhair, A., & Fithri, P. (2025). Reliability-based preventive maintenance scheduling for raw mill equipment to minimize downtime at PT X. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 9(2), 146–157. https://doi.org/10.25077/metal.9.2.146-157.2025

Bakti, A. R., & Meriani. (2021). Analisa preventive maintenance, domestic booster pump di PLTU Keban Agung 2 x 135 MW. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 1(1), 1–7.

Devita, F. (2025). *Penjadwalan preventive maintenance untuk meminimumkan downtime pada mesin cement mill (studi kasus: Pabrik Indarung V PT Semen Padang)* [Skripsi/Tesis, Universitas Andalas]. Andalas University eThesis.

Eryantono, A. E., Fauzi, M., & Fathurrohman, M. (2020). Sistem monitoring temperatur tuang logam dan penggunaan energi berbasis IoT di MIDC. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 9(2), 123–131. https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i2.106

Fischer, J. O., Constante, P. H. A., Cruz, D. S. C. da, Pacheco, G. S., Dias, S. N., & Júnior, L. R. da S. (2026). A importância da manutenção preventiva em motores elétricos industriais: Revisão da literatura. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 19(78), Article e093. https://doi.org/10.55905/rdelosv19.n78-093

Fithry, D. A., Parmanoan, D., Emal, D. A. S., Rahmad, A., & Batubara, R. P. M. (2025). Analisis kualitas raw mix dan optimasi raw mill unit 5 R2 produksi di PT. Semen Padang Indarung V. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(2), 1640–1650. https://doi.org/10.31004/jutin.v8i2.42507

Mardhatillah, A., Sembiring, A. C., & Sihombing, M. J. (2025). Perancangan jadwal perawatan mesin loader di PT Kraton menggunakan metode Condition Based Monitoring

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

(CBM). *Blend Sains: Jurnal Teknik*, 4(2), 235–247. https://doi.org/10.56211/blendsains.v4i2.1031

Mehora, S. (2020). Rancangan percobaan infrared thermometer: Kalibrasi dan keunggulan pemanfaatannya. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(3), 117–121. https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i3.5873

Nainggolan, E. O., & Maghfiroh, R. D. (2026). Pemanfaatan data operasional harian dalam pengambilan keputusan berbasis data di PT Delta Jaya Mas. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 6(1), 149–159. https://doi.org/10.51878/cendekia.v6i1.8882

Paillin, D. B., & Widiatmoko, Y. (2020). Rancangan aplikasi monitoring online untuk meningkatkan pemeliharaan prediktif pada PLTD. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 11(1), 9–17. https://doi.org/10.21456/vol11iss1pp9-17

Pradana, A. A. I. (2020). Analisa gangguan dan upaya perbaikan motor filter sirkulasi udara pada motor kiln main drive (461KL1M#2) di PT. Indocement Plant 12 Tarjun. *Jurnal EEICT (Electric Electronic Instrumentation Control Telecommunication)*, 3(2), 49–56. https://doi.org/10.31602/eeict.v3i2.4531

Pujiyanto, F., & Darmana, E. (2022). Analisis perubahan temperatur induksi motor 3 phase berbasis Fuzzy Inference System (FIS). *Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 23(1), 15–24. https://doi.org/10.33556/jstm.v23i1.319

Putra, D. I. (2025). *Penjadwalan pemeliharaan mesin raw mill untuk minimasi downtime di PT Semen Padang* [Skripsi/Tesis, Universitas Andalas]. Andalas University eThesis.

Rahman, S. A., & Hamid, M. A. (2025). Tempvision 1000: A portable temperature measurement and monitoring system for boiler combustion. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, 3, Article 522. https://doi.org/10.56294/piii2025522

Rahyadi, S., & Desmira, D. (2025). Analisis preventive maintenance motor condensate extraction pump 10,5kV unit 6 di PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya. *Jurnal Surya Teknika*, 12(2), 354–362. https://doi.org/10.37859/jst.v12i2.10445

Ramadhan, A. S., Yusup, M., & Atmaja, D. A. S. P. (2025). Implementasi predictive maintenance menggunakan metode infrared thermography pada peralatan listrik di PT Pertamina Hulu Mahakam. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(3), 215–221. https://doi.org/10.61132/venus.v3i3.960

Ramadhan, S., Mubarak, Z., Duyo, R. A., & Zainuddin, Z. (2024). Pemilihan pengaman yang digunakan pada motor listrik terhadap proteksi berdasarkan kapasitas arus normal. *Arus: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 329–337. https://doi.org/10.57250/ajst.v2i2.615

Ramadhanti, A. R., & Santosa, S. (2020). Persen yield (%yield) sebagai parameter evaluasi proses kinerja raw mill pada industri semen. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 5(1), 24–28. https://doi.org/10.33795/distilat.v5i1.11

S., S. J., & Saleh, A. (2022). Analisis pengaruh misalignment pada kinerja motor induksi. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 24(1), 18–25. https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v24i1.274

Triyanto, A., Supriadi, O., & Maulana, R. (2024). Analisis parallel misalignment pada motor tiga fasa menggunakan Digital Diagnostics System. *EPIC: Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 7(1), 21–31. https://doi.org/10.32493/epic.v7i1.38741

Widiyanto, T., Sujono, S., Bahtiar, M. B., & Putra, H. R. (2025). Studi eksperimental pengaruh misalignment poros kopling pada simulator PLTMH dengan variasi jumlah belt

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388

terhadap getaran dan torsi transmisi. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 7(2), 135–146. https://doi.org/10.37525/mz/2025-2/1584

Widodo, S., Prasetya, D. B., & Anggraeni, S. (2023). Temperature monitoring system on distribution transformer with web thermal camera. *JAICT*, 8(1), 200–208. https://doi.org/10.32497/jaict.v8i1.4317

Yanda, H., & Darussalam, P. (2024). The preventive maintenance dan analisis kegagalan innert part gearbox raw mill. *Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal*, 2(1), 49–54. https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.49-54.2024

Yasin, I., Kurniati, N., & Syairudin, B. (2021). Reducing unplanned downtime using Predictive Maintenance (PdM). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072(1), Article 012041. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1072/1/012041

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16388