Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri (PASTI)
Vol. XIX, No. 1, April 2025, 135-148
p-ISSN 2085-5869/ e-ISSN 2598-4853

Inovasi Pembersih *Blade* Otomatis untuk Mengatasi Vibrasi Tinggi pada *Fan* 562-FN1 di Industri Semen

Ivan Asmara Putra[1*], Uly Amrina[2]
[1,2)] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Univeritas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, Indonesia
Email: 41622120007@student.mercubuana.ac.id[*], uly.amrina@mercubuana.ac.id

(Diterima: 27-01-2025; Direvisi: 30-04-2025; Disetujui: 30-04-2025)

Abstrak

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur semen, mengalami masalah *downtime* yang signifikan pada tahun 2023 akibat vibrasi tinggi yang terjadi pada *Fan* 562-FN1 di area *Finishmill* Narogong 1. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama vibrasi tersebut dan menerapkan metode PDCA *(Plan-Do-Check-Act)* sebagai pendekatan untuk mengurangi vibrasi. Metode ini melibatkan penggunaan alat bantu analisis seperti diagram pareto, diagram *fishbone*, *checklist,* serta observasi langsung terhadap kondisi mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa vibrasi tinggi disebabkan oleh penempelan material pada *blade fan,* yang mengakibatkan ketidakseimbangan. Sebagai solusi, sistem *automatic cleaning blade* yang dilengkapi dengan sensor emisi debu diimplementasikan, yang berhasil menstabilkan tingkat vibrasi di bawah 4,5 mm/s dan secara signifikan mengurangi *downtime* yang disebabkan oleh masalah vibrasi. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengelolaan pemeliharaan mesin dan peningkatan efisiensi operasional di industri semen.

Kata Kunci : *Finishmill*; Vibrasi; *Fan* 562-FN1; *Downtime*; PDCA

Abstract

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, a company engaged in the cement manufacturing industry, experienced significant downtime problems in 2023 due to high vibrations that occurred on the Fan 562-FN1 in the Narogong 1 Finishmill area. This research aims to identify the main causes of these vibrations and implement PDCA (Plan-Do-Check-Act) method as an approach to reduce vibration. This method involves the use of analytical tools such as Pareto diagrams, fishbone diagrams, checklists, as well as direct observation of machine conditions. The analysis results show that high vibration is caused by material sticking to the fan blade, which results in imbalance. As a solution, an automatic blade cleaning system equipped with a dust emission sensor was implemented, which managed to stabilize the vibration level below 4.5 mm/s and significantly reduced downtime caused by vibration problems. This research makes an important contribution to managing machine maintenance and increasing operational efficiency in the cement industry.

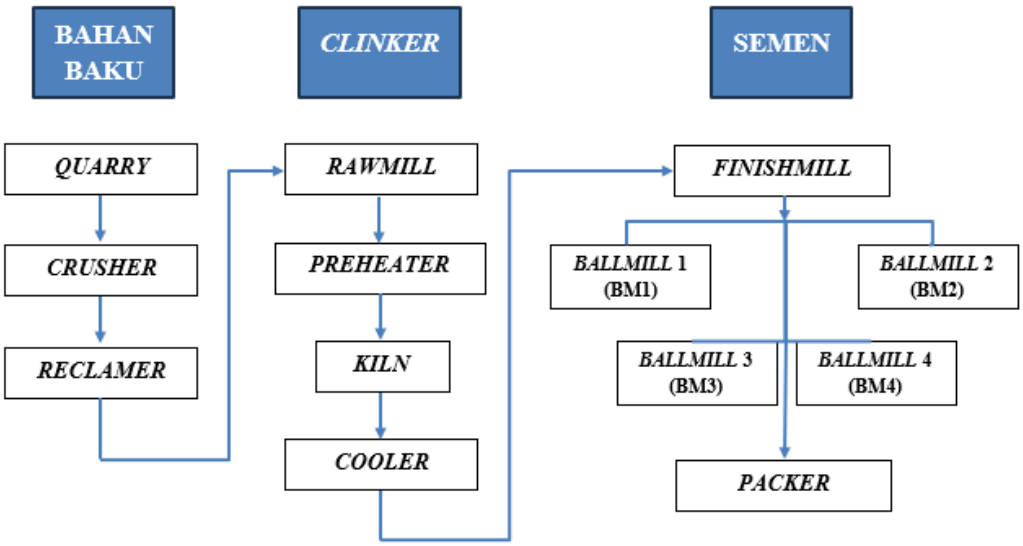
Keywords: *Finishmill; Vibration; Fan 562-FN1; Downtime, PDCA*

PENDAHULUAN

Industri semen memainkan peran yang krusial dalam pembangunan infrastruktur, di mana efisiensi operasional dan keandalan mesin menjadi faktor determinan terhadap produktivitas dan biaya produksi. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, sebagai salah satu perusahaan terkemuka dalam sektor ini, menghadapi tantangan signifikan berupa tingginya *downtime* yang disebabkan oleh vibrasi pada *Fan* 562-FN1 di area *Finishmill* Narogong 1.

Fenomena ini tidak hanya mengganggu kelancaran proses produksi, tetapi juga berpotensi menyebabkan kerusakan pada peralatan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan biaya pemeliharaan dan mengurangi daya saing perusahaan. Vibrasi yang melebihi batas toleransi dapat memicu sistem interlock otomatis untuk menghentikan mesin, sehingga mengakibatkan kerugian waktu dan sumber daya yang substansial.

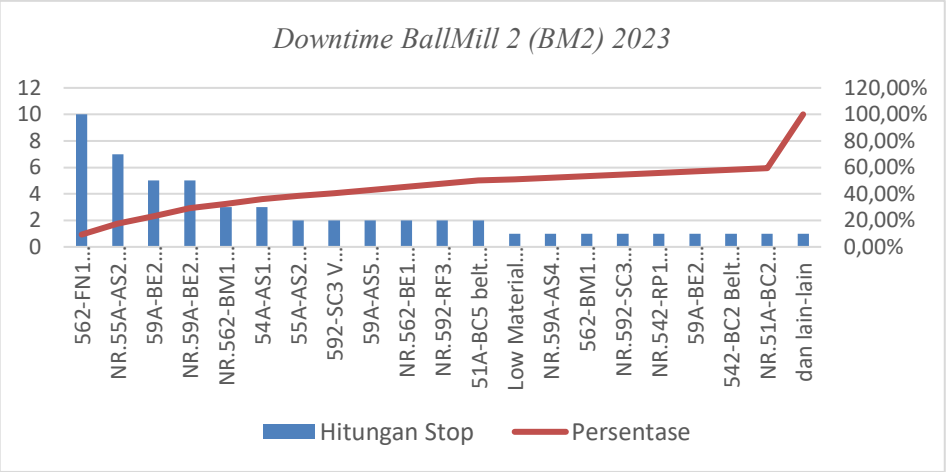
PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk adalah perusahaan semen di Indonesia yang menggunakan batu kapur, tanah liat, pasir besi, dan silika sebagai bahan baku. Proses pembuatan semen meliputi tujuh area utama: *Quarry, Crusher, Reclaimer, Raw Mill, Kiln, Finishmill,* dan *Packhouse* (Putra & Mafendro, 2021). Proses pembuatan semen dimulai dari penambangan batu kapur di *Quarry*. Batu kapur digiling di *Crusher* menjadi ukuran lebih kecil, lalu disimpan di *storage* dan dihomogenisasi di *Reclaimer*. Selanjutnya, bahan mentah digiling di *Raw Mill* dan disimpan di *Blending Silo* sebelum masuk ke *Preheater* dan dibakar di *Kiln*. Material hasil pembakaran didinginkan di *Cooler*, menghasilkan *clinker*. *Clinker* ini digiling di *Finishmill* menjadi semen, yang kemudian disimpan di *Silo*, dikemas di *Packer*, dan didistribusikan ke pelanggan. Gambar 1 menunjukan diagram alir proses pembuatan semen.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Semen

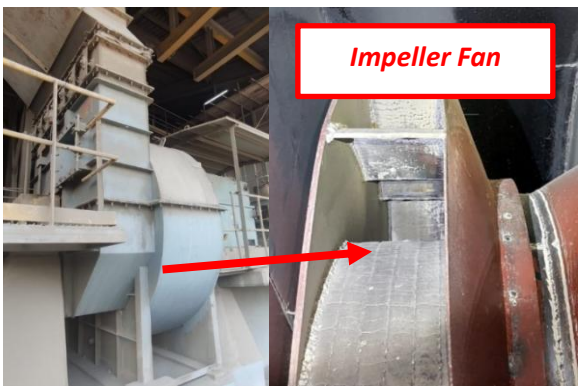
Area *Finishmill* adalah lokasi proses penggilingan akhir dalam produksi semen. Di *Finishmill* Narogong 1, terdapat beberapa peralatan utama, seperti *hydraulic roller crusher*, *separator, ball mill, bag filter luehr, fan,* serta sistem transportasi semen meliputi *air slide*, *bucket elevator,* dan *belt conveyor.* Mesin utama untuk penggilingan adalah *ball mill*, *Ball mill* menggiling dan mencampur *clinker* dengan bahan aditif seperti *gypsum*, batu kapur, dan *fly ash* sesuai proporsi untuk memenuhi spesifikasi semen (Alfirdaus & Ashari, 2022). Mesin ini menggiling bahan hingga halus menggunakan bola pejal, menghasilkan semen dengan ukuran partikel sekitar 2 mikron (Putra & Mafendro, 2021).

Terdapat 4 *line* produksi pada *Finishmill* Narogong 1, namun dari ke-4 *line* produksi, *ball mill line* 2 (BM2) dengan kode mesin 562-BM1 terdeteksi memiliki *downtime* yang cukup tinggi pada tahun 2023 yaitu 10 kali *stop*.



Gambar 2. *Top* 10 *Downtime* BM2 2023

Gambar 2 menunjukkan hasil pareto BM2 (562-BM1) pada tahun 2023, penyumbang *downtime* terbanyak dengan jumlah frekuensi 10 kali *stop* yaitu permasalahan pada *Fan* 562-FN1 dengan permasalahan *high vibration.*



Gambar 3. *Equipment Fan* 562-FN1

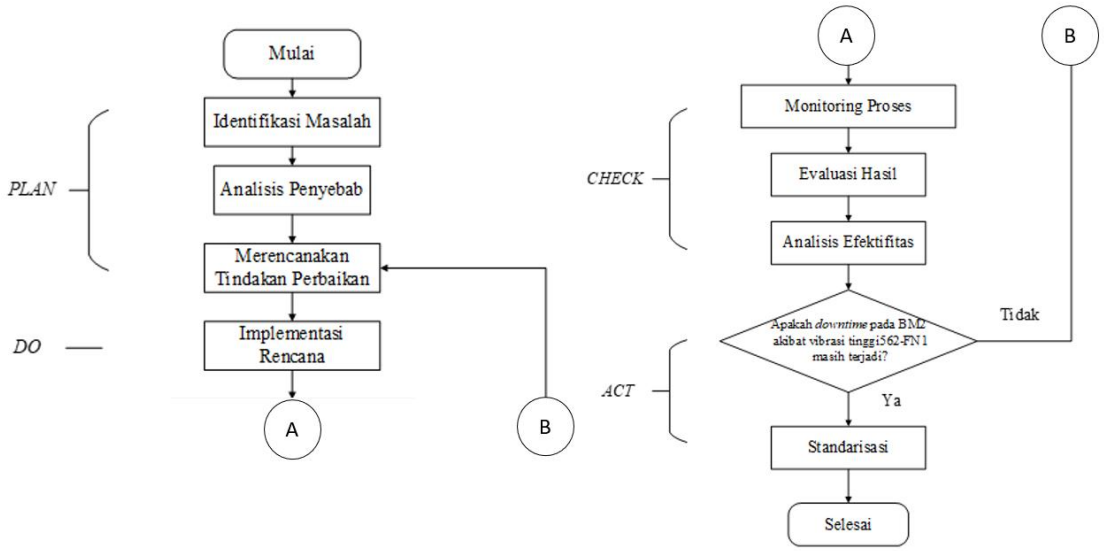
Gambar 3 menunjukkan equipment *Fan* 562-FN1 yang menjadi objek penelitian. *Fan* ini adalah tipe *centrifugal fan*, yang terdiri dari *blade* dengan sudut yang dipasang pada poros berputar dan diselubungi *casing*. Perputaran poros memungkinkan udara masuk secara horizontal ke *casing,* menciptakan vakum, dan menghembuskan udara keluar (Busthomi, 2019). *Fan* 562-FN1 berfungsi untuk menghisap udara bercampur debu untuk difiltrasi di *bag filter*, lalu membuang udara bersih melalui *outlet*. Rangkaian *fan* terdiri dari motor, *impeller,* dan *housing impeller* (Supriatna, 2024). Hasil penyaringan dari *bag filter* sudah di nyatakan produk jadi atau produk semen akhir. Dampak dari *High vibration* pada *Fan* 562-FN1 selain dapat menyababkan *downtime mill*, *high vibration* juga dapat merusak komponen mesin lainnya seperti kerusakan pada *bearing*, kerusakan pada kopling, kerusakan pada motor listrik seperti kebakar, dan lain-lain.

Untuk mengatasi permasalahan, dilakukan analisis menggunakan metode seperti DMAIC, QCC, dan PDCA *(Plan, Do, Check, Act).* Metode DMAIC adalah pendekatan pengendalian dan perbaikan kualitas yang dimulai dari identifikasi masalah hingga pengendalian dan rekomendasi perbaikan (Nasution & Sodikin, 2018). *Quality Control Circle* (QCC) adalah kegiatan di mana sekelompok karyawan bekerja sama secara rutin untuk mengendalikan mutu dengan mengidentifikasi, menganalisis, dan mengambil tindakan atas masalah menggunakan alat pengendalian mutu (Ardyansyah & Purnomo,

2024), Di sisi lain, PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) adalah suatu pendekatan manajerial yang digunakan untuk mencapai perbaikan yang berkelanjutan (Haq et al., 2024). Di antara ketiga metode tersebut, PDCA dipilih karena fleksibilitasnya yang memungkinkan penerapan pada masalah teknis maupun operasional dengan cakupan yang beragam. Selain itu, PDCA memprioritaskan pendekatan iteratif yang memungkinkan evaluasi dan penyesuaian berulang, sehingga cocok untuk menangani permasalahan kompleks seperti vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1 yang memerlukan pemantauan dan perbaikan secara bertahap. Penelitian ini menjawab kebutuhan mendesak untuk mengidentifikasi dan mengatasi penyebab vibrasi yang berlebihan, yang sering kali diabaikan dalam praktik pemeliharaan rutin. Dengan menerapkan metode PDCA, penelitian ini tidak hanya berfokus pada perbaikan jangka pendek, tetapi juga pada pengembangan solusi berkelanjutan yang dapat diadaptasi oleh industri lain. Keunikan dari penelitian ini terletak pada inovasi penerapan sistem pembersihan otomatis (*automatic cleaning blade*) yang dilengkapi dengan sensor emisi debu, yang memberikan pendekatan baru dalam pengelolaan vibrasi mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1 melalui analisis sistematis dengan alat bantu seperti diagram pareto dan *fishbone* diagram, mengembangkan serta menerapkan sistem pembersihan otomatis untuk mengurangi vibrasi dan mencegah penempelan material pada *blade fan*, serta mengevaluasi efektivitas solusi tersebut dalam menstabilkan tingkat vibrasi dan mengurangi *downtime*. Kontribusi penelitian ini signifikan bagi bidang teknik industri, karena memberikan wawasan baru tentang manajemen pemeliharaan berbasis data dan teknologi, serta menawarkan solusi praktis yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi *downtime*, sehingga relevan tidak hanya untuk PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, tetapi juga bagi industri lain yang menghadapi permasalahan serupa.

METODE PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif untuk mengidentifikasi penyebab dan solusi terhadap masalah vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1 di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Metode *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) digunakan untuk memastikan setiap tahap dilakukan secara sistematis (Rachman, 2020).Pada tahap perencanaan *(Plan),* masalah diidentifikasi melalui analisis data *downtime* menggunakan diagram pareto. Diagram Pareto terdiri dari diagram batang yang menunjukkan klasifikasi dan nilai data, serta diagram garis yang mewakili total data *downtime* secara kumulatif

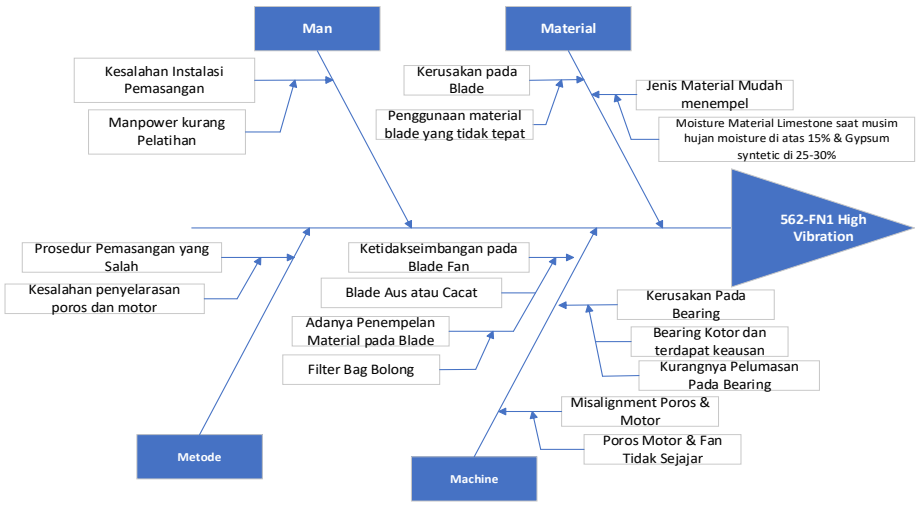
(Merjani & Kamil, 2021). Hasil pareto menunjukkan *Fan* 562-FN1 sebagai penyumbang *downtime* tertinggi akibat vibrasi. Penyebab dianalisis menggunakan pengukuran vibrasi, *fishbone* diagram, dan 5W+1H. Tahap *Do* mencakup penggantian komponen rusak, penerapan teknik anti-vibrasi, dan pemasangan alat tambahan. Pada tahap *Check,* kinerja dievaluasi melalui grafik kontrol dan pareto *downtime*. Tahap *Act* meliputi pembuatan SOP, pelatihan tim, dan *checklist* pemeliharaan rutin. Jika perbaikan belum efektif, dilakukan analisis ulang untuk solusi baru. Dalam memudahkan jalannya penelitian, diperlukan pembentukan diagram alir untuk penelitian yang tersktuktur. Diagram alir pada Gambar 4 menunjukan tahapan dalam melakukan penelitian ini

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengatasi permasalahan vibrasi tinggi yang terjadi pada *Fan* 562-FN1 di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Tingginya level vibrasi tidak hanya mengganggu efisiensi operasional, tetapi juga dapat memperpendek masa pakai peralatan yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang sistematis dan berbasis data untuk mengidentifikasi penyebab serta mencari solusi dari masalah ini. Metode *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) telah diterapkan dalam penelitian ini untuk memastikan setiap langkah dilakukan secara terencana dan terukur. Selain itu, penggunaan alat analisis seperti diagram pareto dan diagram *fishbone* telah membantu dalam pemetaan masalah dan identifikasi penyebab utama. Pada bagian ini, hasil yang diperoleh dari analisis serta tindakan yang diambil akan disajikan, diikuti dengan pembahasan mengenai implikasi temuan tersebut terhadap praktik pemeliharaan di bidang industri. Penekanan akan diberikan pada pentingnya pendekatan pemeliharaan berbasis kondisi dan integrasi teknologi yang sesuai dalam meningkatkan kinerja operasional dan keberlanjutan mesin.

Hasil

Tahap *Plan*

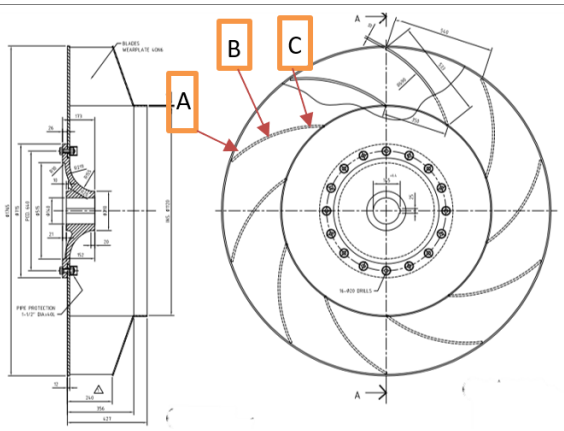


Gambar 5. *Fishbone* Diagram

Gambar 5 menunjukan hasil dari *fishbone* diagram penelitian ini. Berdasarkan hasil diagram pareto tahun 2023, permasalahan dengan frekuensi terbanyak pada BM2, yaitu vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1. Oleh karena itu, permasalahan ini menjadi fokus utama penelitian ini. Setelah itu dilakukan analisis penyebab dengan menggunakan *fishbone* diagram. Diagram *fishbone* disusun menggunakan *brainstorming* untuk menelusuri sebab, akibat,dan menganalisis masalah tersebut (Tryana, 2022). Diagram *Fishbone* memiliki kelebihan yaitu secara visual diagramnya jelas serta dapat menggali ide dari pemikiran

beberapa orang secara detail dengan mendasarkan pada *a set of categories* yaitu 5M1E (*man machine method material measurement environment*) (Yuniarto et al., 2013). Setelah itu dilakukannya pembuktian dengan cara pengecekan langsung terhadap mesin seperti pengecekan kondisi *bearing*, *alignment* poros & motor, keausan pada *blade* dan kondisi visual *fan*.

Tabel 1. Hasil Observasi *Root Cause* Hasil *Fishbone*

No	Observasi	Hasil & Gambar
1	Keausan *Blade* & Visual *Impeller*	

Check Sheet
Pengecekan *Impeller Fan*

Nomor *Blade*	*Thickness (mm)* A	B	C	Kondisi Visual
1	9,7	8,4	8,6	Tidak terdapat *crack*
2	9,9	9,1	8,2	Tidak terdapat *crack*
3	9,2	9,3	8,0	Tidak terdapat *crack*
4	9,4	9,4	8,1	Tidak terdapat *crack*
5	9,5	9,0	8,3	Tidak terdapat *crack*
6	9,7	9,1	8,6	Tidak terdapat *crack*
7	9,5	9,1	8,5	Tidak terdapat *crack*
8	9,7	9,2	8,3	Tidak terdapat *crack*
9	9,4	8,9	8,5	Tidak terdapat *crack*
10	9,6	9,2	8,2	Tidak terdapat *crack*

2	*Bearing*	
3	*Alignment* Poros dan Motor	

Pertama pengecekan keausan *blade* dan cek visual. Menurut ASTM, keausan adalah kerusakan permukaan pada objek secara umum yang berhubungan dengan hilangnya sebagian kecil bahan yang ditimbulkan oleh gerakan relatif objek dan karena substansi kontak (Kurniawan et al., 2024). Inspeksi visual pada *impeller fan* menemukan material mengeras menempel pada beberapa *blade,* menyebabkan *unbalance* dan vibrasi tinggi. Pembersihan *blade* dilakukan, diikuti uji coba operasional dan pengukuran ulang. Hasilnya menunjukkan penurunan signifikan pada tingkat vibrasi setelah pembersihan. *Unbalance* terjadi ketika pusat massa tidak sejajar dengan pusat putaran, menyebabkan gaya sentrifugal pada bantalan yang meningkat seiring kecepatan. Kondisi ini dapat merusak bantalan, seal, memicu resonansi, dan kekendoran. Penyebabnya meliputi kerusakan komponen, cacat manufaktur, kotoran, material tidak homogen, rotor eksentris, defleksi rotor, dan pasak yang tidak tepat(Maolana, 2017).

Selanjutnya pengecekan *bearing*, bantalan *(bearing)* adalah komponen mesin yang menopang poros berbeban untuk memastikan gerakan putaran atau bolak-balik berjalan lancar, aman, dan tahan lama (Harling & Apasi, 2018). Pemeriksaan *bearing* mencakup kondisi fisik, keausan *pillow block*, dan pelumasan untuk mengurangi gesekan, keausan, panas, mencegah korosi, dan debu (Fauzi, 2024). Pemeriksaan menunjukkan *bearing* baik, suhu normal, pelumas optimal, dan vibrasi dicek oleh tim CBM. Salah satu cara untuk mengatasi masalah mesin adalah dengan menggunakan analisis getaran (Suryadi & Vetrano, 2018). Getaran besar dapat merusak mesin dan merambat ke komponen lain, membahayakan keseluruhan sistem (Mustofa & Hanifi, 2022). Hasil pengukuran celah *(clearance)* pada *spherical roller bearing* menggunakan *filler gauge*. Nilai yang diperoleh adalah NDE *(Bearing Free)*:0,09 dan DE *(Bearing Fix)*:0,07. Pengecekan tim Condition-Based Monitoring (CBM) menunjukkan nilai vibrasi RMS di bawah 4,5 mm/s, masih dalam batas aman sesuai standar ISO 10816-3. Nilai rata-rata statistik dari amplitudo yang dihasilkan oleh getaran mesin dikenal sebagai RMS (*Root Mean Square)* (Febrianto, 2018).

Dan dilanjut pengecekan keselarasan atau *alignment* poros terhadap motor, *Alignment* bertujuan memastikan keselarasan antara poros penggerak *(driver)* dan poros yang digerakkan *(driven)* untuk menghindari gesekan, getaran, dan kerusakan mesin. *Misalignment* terjadi jika terdapat penyimpangan sumbu poros secara sejajar *(parallel)* atau aksial *(angular)* (Tauvana, 2018). Pada saat dilakukan pengecekan penyelarasan antara kopling motor dan poros *fan* dengan mengunakan alat *rotalign touch*, didapatkan hasil: jarak (*gap*) sebesar 4 mm dan nilai radian pada masing-masing titik pengukuran adalah -0.05; -0,05; 0,02; 0,03. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi.

Setelah hasil observasi diperoleh, langkah selanjutnya adalah menyusun rencana tindakan perbaikan. Dalam penelitian ini, perencanaan tindakan perbaikan disusun menggunakan metode 5W+1H untuk memastikan rencana yang terstruktur dan efektif. Metode 5W+1H digunakan untuk merencanakan tindakan perbaikan dengan menjawab pertanyaan apa *(What),* mengapa *(Why),* di mana *(Where),* kapan *(When),* siapa *(Who),* dan bagaimana *(How).* Metode ini membuat perencanaan perawatan lebih terstruktur dan efektif, meminimalisir risiko kegagalan, dan menjaga performa mesin dalam produksi (Triardianto & Aulia Rakhmadina, 2024).

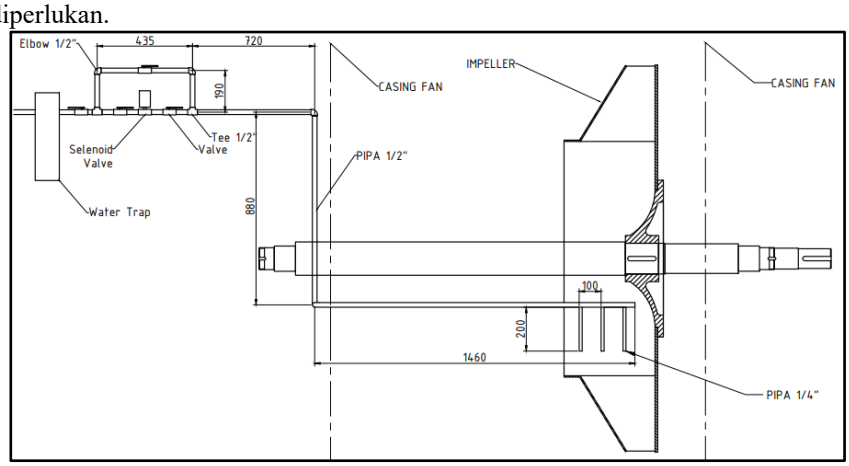
Tabel 2. 5W+1H Vibrasi Tinggi pada *Fan* 562-FN1

What	Why	Who	Where	When	How
Membersihkan *blade fan*	Mencegah *fan unbalance*	Mekanik *Finishmill* Nar 1	562-FN1	Pada saat PM *stop*	- Pengaplikasian *cleaning blade* yang dapat dilakukan saat mesin beroperasi - Pengaplikasian cairan anti lengket pada *blade* agar tidak ada penempelan.
Menyeimbangkan *fan* akibat keausan *blade*	Agar *fan* dalam kondisi *balance* dan vibrasi sesuai toleransinya.	CBM	562-FN1	Pada saat PM *stop* dan *blade* telah dibersihkan	- Melakukan proses *balancing* sampai angka vibrasi normal sesuai toleransinya.
Penggantian *bag cloth* yang bolong pada *bag filter* 562-BF1	Agar material tersaring dengan sempurna sehingga tidak ada material yang melalui jalur *fan*	Engineer	562-BF1	Pada saat PM *stop*	Melakukan perbaikan total seperti: - Mengganti bag yang bolong - Menyesuaikan material bag cloth dengan material yang disaring - menyesuaikan flow feed udara pada bag filter

Tahap *Do*

Peningkatan emisi debu pada *stack bag filter* 562-BF1 mengindikasikan material melewati *fan*, yang dapat menyebabkan penempelan pada *blade fan* dan meningkatkan vibrasi akibat *unbalance*. Untuk mengurangi penumpukan debu, dipasang *automatic cleaning blade* dengan sistem indikator alarm emisi debu yang aktif jika emisi melebihi 70 mg/Nm³. Ketika emisi mencapai nilai tersebut, *solenoid* pada saluran pipa udara akan terbuka otomatis untuk membersihkan *blade fan.*

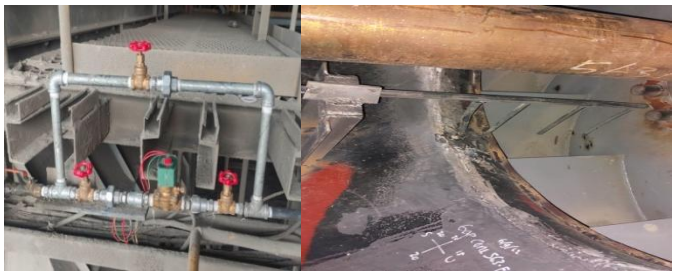
Tabel 3. Hasil dari Tahap Pelaksanaan

No	Pelaksanaan	Hasil & Gambar
1	Perancangan	Tahap perancangan dimulai dengan observasi lapangan dan pengukuran, diikuti pembuatan sketsa kerja untuk menentukan jenis dan jumlah sparepart yang diperlukan. 

Tabel 3. Hasil dari Tahap Pelaksanaan (Lanjutan)

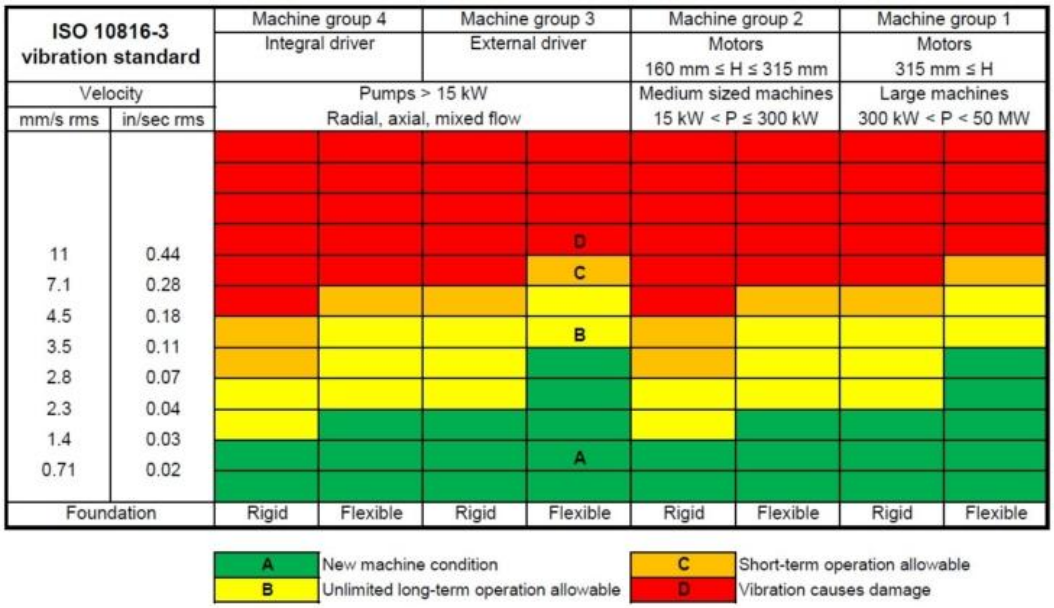
No	Pelaksanaan	Hasil & Gambar

2	Implementasi Desain	*Automatic cleaning blade* dapat mencegah terjadinya penumpukan debu yang berlebihan dan mengurangi potensi vibrasi pada *fan* yang disebabkan oleh debu yang menempel pada *blade*.



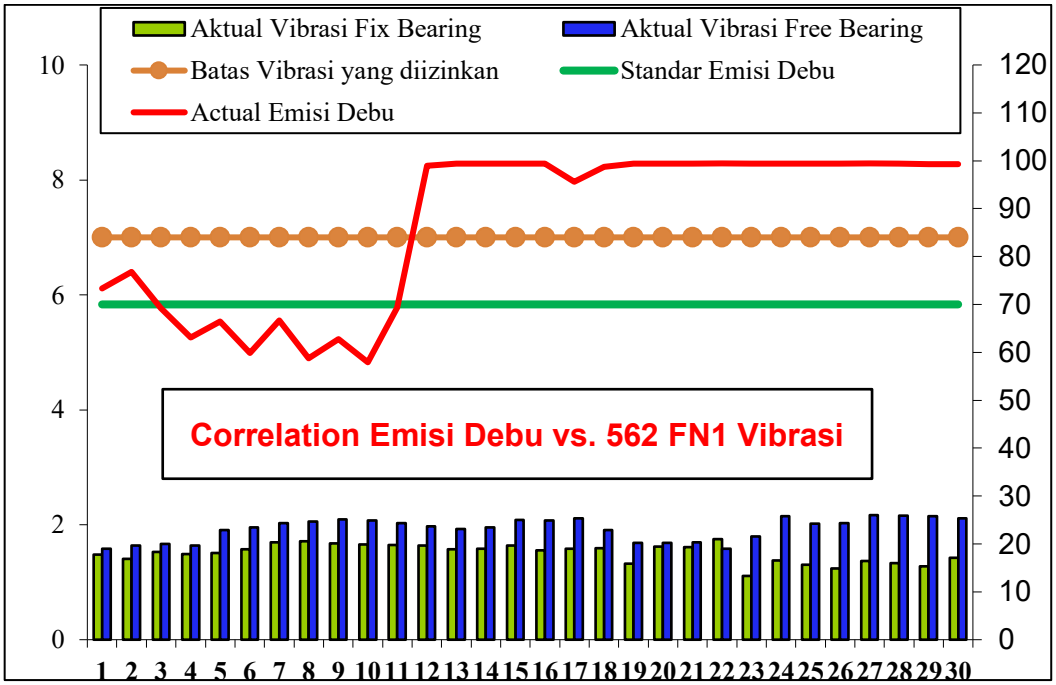
Tahap *Check*

Pada penelitian ini, standar atau tolok ukur nilai vibrasi yang digunakan adalah ISO 10816-3, yang dijadikan acuan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Karena motor yang digunakan untuk menggerakkan *Fan* 562-FN1 memiliki daya output 520 kW dengan *base plate* tipe *rigid*, sehingga standar vibrasi ISO 10816-3 masuk dalam kategori Group 1 (Setyawan & Suryadi, 2018).



Gambar 6. Standar Vibrasi ISO 10816-3

Vibrasi tinggi disebabkan oleh material yang menempel pada *blade*, menyebabkan *unbalance*. Emisi debu di stack menjadi indikator material yang melewati *fan*. Jika emisi >70 mg/Nm³, *automatic cleaning blade* aktif. Keberhasilan solusi terlihat dari vibrasi yang tetap stabil di bawah 4,5 mm/s meskipun emisi tinggi. Gambar 7 menunjukkan bahwa pada September 2024, meski emisi debu melebihi 70 mg/Nm³, vibrasi pada *bearing fix* dan *free* tetap memenuhi standar ISO 10816-3.

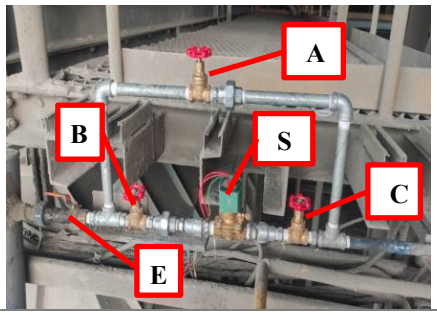


Gambar 7. *Correlation* Emisi Debu vs Vibrasi September 2024

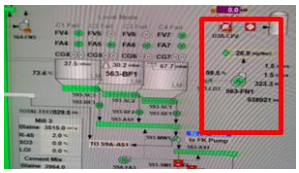
Tahap *Act*

Pada tahap *act*, terdapat beberapa langkah yang dilakukan, antara lain pembuatan SOP, pelaksanaan pemeliharaan rutin terhadap hasil inovasi, serta evaluasi terhadap hasil inovasi. Langkah pertama adalah menyusun SOP, yang dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4. SOP *Automatic Cleaning Blade*

No	Keterangan	Gambar
1	- Pastikan *valve* A tertutup, dan *valve* E,B, dan C terbuka jika pengunaan sensor *dust* emisi berfungsi. - Namun apabila terjadi kerusakan pada *solenoid* (S) dan perlu dilakukan pengantian, maka cukup menutup *valve* B dan C, valve A dapat dibuka sesekali jika ingin melakukan *cleaning* secara manual sampai menunggu perbaikan *solenoid* selesai..	
2	Angin bertekanan dialirkan melalui pipa *nozzle* ke sisi punggung *blade* untuk mengangkat dan membersihkan material yang menempel, mencegah penumpukan yang dapat menyebabkan *unbalance* pada *fan.*	
3	Pemasangan sensor dust emisi. sensor ini di setting apabila nilai emisi debu melebihi 70 mg/Nm³. Maka *solenoid valve* akan terbuka otomatis.	

Tabel 4. SOP *Automatic Cleaning Blade* (Lanjutan)

No	Keterangan	Gambar
4	Pemasangan program DCS sehingga dapat dipantau langsung oleh operator dari ruang kerjanya.	

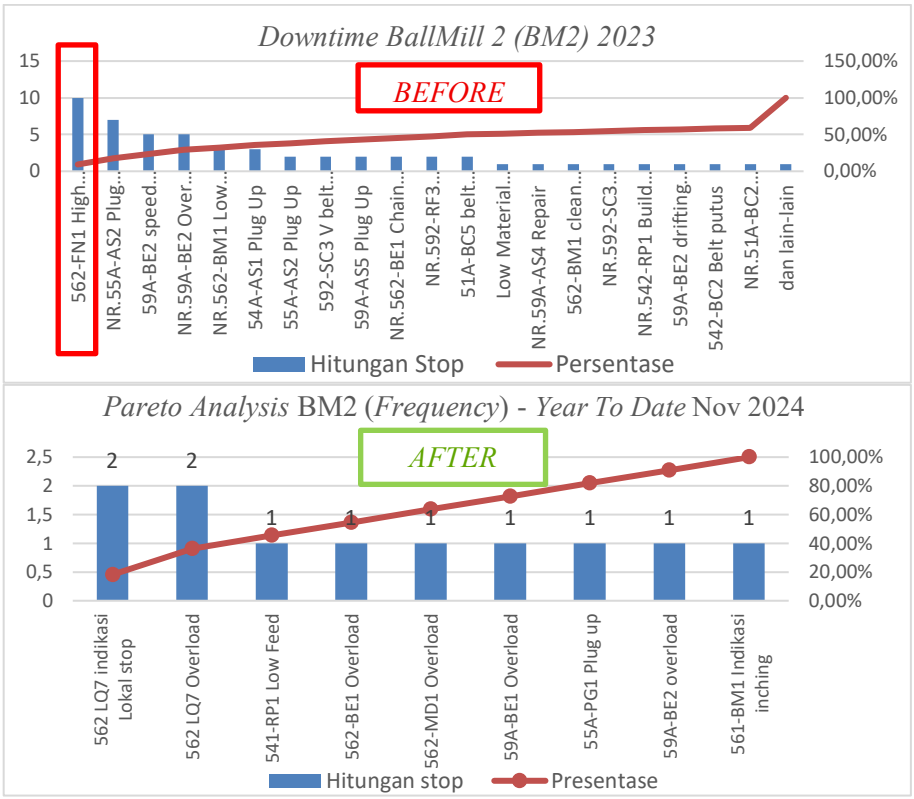
Tabel 4 merupakan SOP *automatic cleaning blade* dengan pipa angin bertekanan dan sensor emisi debu yang efektif. Tim terkait akan dilatih untuk memastikan pemasangan dan pemeliharaan sistem sesuai prosedur.

Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan pemeliharaan rutin terhadap hasil inovasi, yang dilakukan dengan menggunakan formulir *checklist* untuk memastikan pemeliharaan berjalan secara teratur dan terstruktur. Daftar periksa dan *checklist* memiliki fungsi penting dalam memastikan tugas dilaksanakan dengan benar dan lengkap (Yudhanti et al., 2024). *Form checklist* inspeksi mesin berfungsi memastikan kondisi mesin sesuai standar, mendeteksi masalah dini, mencatat hasil inspeksi, dan meningkatkan akurasi pemeriksaan. Salah satu pemeriksaan rutin adalah *monitoring* vibrasi, teknik umum dalam *condition-based maintenance* (Wright et al., 2008).

Tabel 5. Hasil *Checklist Running Inspection*

HAC	*Part*	*Standard*	*Date* 2024					*Remark*
			3/10	17/10	31/10	14/11	28/11	
562-FN1	*Temp. Bearing Fix*	*Max 65° C*	54	56	52	55	52	
	Temp. Bearing Free	*Max 65° C*	56	55	54	54	53	
	Oil Level Bearing	*In Range*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Vibrasi *Bearing Fix*	*Max 4,5 mm/s*	2,1	2,2	1,8	1,5	2	
	Vibrasi *Bearing Free*	*Max 4,5 mm/s*	2,5	2,4	2	1,9	2,3	
	Bolt Base Pillow Block	*Tight & Availabe*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Housing	*No Leakage*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Couplin\g Noise	*Normal*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Coupling Bolt	*Tight & Availabe*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Cover	*Available*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Damper Inlet	*No Leakage*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Damper Bolt	*Tight & Availabe*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Flexible Joint Outlet	*No Broken & No Leakage*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Pressure air cleaning blade	*4 - 4.5 Bar*	4	4,2	4	4	4	
	Solenoid cleaning blade	*Normal*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Sensor Dust Emisi	*Normal*	✓	✓	✓	✓	✓	

Tahap terakhir adalah mengevaluasi hasil inovasi untuk menentukan keberhasilannya dengan membandingkan data *downtime* sebelum dan sesudah inovasi dilakukan. Gambar 8 menunjukkan perbandingan *downtime* BM2 antara tahun 2023 dan 2024. Setelah perbaikan, tidak lagi terjadi *downtime* akibat vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1, yang menandakan keberhasilan tindakan perbaikan.



Gambar 8. Data Pareto *After* Pemasangan *Automatic Cleaning Blade*

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab utama vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1 adalah penempelan material pada *blade fan*, yang menyebabkan ketidakseimbangan dan vibrasi melebihi batas toleransi. Implementasi sistem pembersihan otomatis yang dilengkapi dengan sensor emisi debu terbukti efektif dalam menstabilkan tingkat vibrasi di bawah 4,5 mm/s, serta mengurangi *downtime* yang sebelumnya disebabkan oleh masalah ini. Temuan ini sejalan dengan tujuan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dan mengembangkan solusi yang berkelanjutan, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap manajemen pemeliharaan berbasis data dalam industri.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh (Isniah et al., 2020), yang juga menggunakan pendekatan PDCA untuk mengatasi masalah vibrasi, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan fokus pada inovasi teknologi dalam sistem pembersihan. Penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada analisis getaran dan perbaikan komponen, sementara penelitian ini menekankan pentingnya pencegahan melalui sistem otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa kelemahan yang perlu dicatat. Pertama, penelitian ini terbatas pada pengujian satu jenis peralatan, sehingga hasilnya mungkin tidak sepenuhnya dapat digeneralisasi untuk peralatan lain dalam industri yang berbeda. Kedua, evaluasi dampak jangka panjang dari sistem pembersihan otomatis belum dilakukan, yang dapat mempengaruhi keberlanjutan solusi yang diterapkan. Kelemahan ini membuka peluang untuk penelitian di masa depan, di mana studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk menguji efektivitas sistem pembersihan otomatis pada berbagai jenis peralatan dan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi integrasi teknologi analisis vibrasi yang lebih canggih untuk meningkatkan akurasi identifikasi masalah dan efektivitas solusi yang diterapkan.

SPENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa vibrasi tinggi pada *Fan* 562-FN1 disebabkan oleh material yang menempel pada *blade impeller*. Kondisi ini mengakibatkan ketidakseimbangan sehingga vibrasi melebihi 7 mm/s, memicu sistem *interlock* untuk menghentikan mesin secara otomatis guna mencegah kerusakan. Solusi yang diusulkan untuk mencegah material menempel pada *blade impeller* adalah pemasangan *automatic cleaning blade* berbasis udara bertekanan. Sistem ini dilengkapi sensor emisi debu yang akan membuka solenoid valve saat emisi melebihi 70 mg/Nm³, sehingga *blade* dapat dibersihkan, *unbalance* dapat dicegah, dan vibrasi tetap terjaga pada kisaran 0,71 hingga 4,5 mm/s.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan perangkat analisis vibrasi dengan spektrum kualitas tinggi untuk meningkatkan akurasi identifikasi masalah. Evaluasi jangka panjang terhadap efektivitas siklus PDCA dan optimalisasi waktu pada setiap tahap juga perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses. Selain itu, solusi yang telah diterapkan dapat diuji pada peralatan serupa untuk menilai adaptabilitasnya di berbagai kondisi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

Alfirdaus, A. A. M., & Ashari, F. (2022). Menentukan Penjadwalan Maintenance Mesin Finish Mill Dengan Metode FMEA Di PT Semen Indonesia (PERSERO) Tbk. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Sistem Industri (JTMSI)*, *1*(2).

Ardyansyah, M. I., & Purnomo, A. (2024). Analisa Perbandingan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dengan Quality Control Circle (QCC). *Jurnal Pendidikan Tambusai*. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.12664

Busthomi, M. Y. (2019). Perancangan Ulang Fan Sentrifugal Dengan Kapasitas 11000 m3/hr Dan Tekanan 950 Pa (Gage) Sebagai Sirkulasi Udara Di LAB. Konversi Energi DTMI-ITS. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

Fauzi, A. R. (2024, January). Analisa Perawatan Bearing Pada Prototype Mesin Pengukur Panjang Tali Kabel. *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.

Febrianto, H. (2018). Identifikasi Unbalance Pada Centrifugal Fan C2322 Unit PA Pabrik 3 PT. Petrokimia Gresik Dengan Menggunakan Metode Pengukuran Vibrasi. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

Haq, A., Nasution, S., & Hasugian, Y. (2024). Implementasi Plan Do Check Action Pada Produk Crude Palm Oil. *JUIT, Jurnal Ilmiah Teknik*, *3*(2). https://doi.org/10.56127/juit.v3i2.1433

Harling, V. N. Van, & Apasi, H. (2018). Perancangan Poros Dan Bearing Pada Mesin Perajang Singkong. *SOSCIED*, *2*. https://doi.org/https://doi.org/10.32531/jsoscied.v1i2.164

Isniah, S., Hardi Purba, H., & Debora, F. (2020). Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, *4*(1), 72–81. https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2186

Kurniawan, F., Kurniawan, S., & Prihadianto, B. (2024). Analisis keausan slewing gear 242-UB1 area unit ship unloader PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, *19*(2), 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.36289/jtmi.v19i02

Maolana, I. (2017). Rancang Bangun Vibration Test Bench untuk Mensimulasikan Kondisi Unbalance dengan Pengaturan Putaran dan Beban Unbalance. *Jurnal Teknologi Terapan* |, *3*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.31884/jtt.v3i1.5

Merjani, A., & Kamil, I. (2021). Penerapan Metode Seven Tools Dan PDCA IPlan Do Check Action) Untuk Mengurangi Cacat Pengelasan Pipa. *PROFISIENSI*, *9*, 124–131.

Mustofa, M. R., & Hanifi, R. (2022). Analisa Proses Repair dan Pengukuran Vibrasi Motor Listrik Compressor 250 KW di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *2022*(12), 166–175. https://doi.org/10.5281/zenodo.6943873

Nasution, S., & Sodikin, R. D. (2018). Perbaikan Kualitas Proses Produksi Karton Box Dengan Menggunakan Metode DMAIC Dan Fuzzy FMEA. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, *20*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jsti.v20i2.488

Putra, I. A., & Mafendro, Y. (2021). Rancang Bangun Air Slide Conveyor Sebagai Pengganti Screw Conveyor T04-SC6. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, *11*(1).

Rachman, P. (2020). Implementasi Plan-Do-Check-Act (PDCA) Berbasis Key Performance Indicators (KPI): Studi Kasus Di SMP-SMA Integral Ar-Rohman Dau Malang. *Al-Tanzim: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, *04*(02), 132–145. https://doi.org/10.33650/al-tanzim.v4i2

Setyawan, H. P., & Suryadi, D. (2018). Analisis Karakteristik Vibrasi pada Paper Dryer Machine untuk Deteksi Dini Kerusakan Spherical Roller Bearing. *ROTASI*, *20*(2), 110–117. https://doi.org/https://doi.org/10.14710/rotasi.20.2.110-117

Supriatna, M. R. (2024). Rancang bangun Pipa Dedusting Bag Filter 54A-BF1 Untuk Mengurangi Fugitive Dust Pada Belt Conveyor 532-BC3. *Politeknik Negeri Jakarta*.

Suryadi, D., & Vetrano, M. (2018). Identifikasi Unbalance dan Metode Balancing pada Rotor Tunggal dengan Menggunakan Digital Signal Analyzer (DSA). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi, Teknologi Dan Aplikasi (SeNITiA)*. https://www.researchgate.net/publication/330727173

Tauvana, A. I. (2018). Alignment Coupling Dengan Metode Double Dial Indicator Rim And Face. *Jurnal SIMETRIS*, *9*(1).

Triardianto, D., & Aulia Rakhmadina, C. (2024). Penerapan Metode FMEA dan 5W1H dalam Analisis Kerusakan dan Perencanaan Kegiatan Perawatan pada Mesin Petik Teh Tipe Double di PT XYZ. *NaCIA-National Conferenceon Innovative Agriculture*. https://doi.org/10.25047/nacia.v2i1.242

Tryana, M. (2022). Analisis Permasalahan Menggunakan Cause and Effect Diagram, Fault Tree Analysis dan Afinity Diagram Proses Produksi Stasiun Persiapan Tulangan pada PT. X. *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*. https://doi.org/10.32734/ee.v5i2.1561

Wright, P., Dornfeld, D., & Ota, N. (2008). Condition Monitoring in End-Milling Using Wireless Sensor Networks (WSNs). *Transactions of NAMRI/SME, 36*. https://escholarship.org/uc/item/7cp1p0ww

Yudhanti, C. B. H., Wehartaty, T., Nugraheni, B. D., Handoko, J., & Lindrawati, L. (2024). Pendampingan Penerapan Checklist Kepatuhan Pada Pos Pelaporan Pajak Pertambahan Nilai Pada Perusahaan Tekstil Surabaya. *Jurnal Abdimas Ekonomi Dan Bisnis*, *4*(1), 95–107. http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/abdi-ekbis

Yuniarto, H. A., Akbari, A. D., & Masruroh, N. A. (2013). Perbaikan Pada Fishbone Diagram Sebagai Root Cause Analysis Tool. *Jurnal Teknik Industri*, *3*.