https://ejournal.polsub.ac.id/index.php/j-mame
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Subang

J-MAME
Journal of Maintenance and Mechanical Engineerint

PENERAPAN AM DALAM PEMELIHARAAN MESIN PRAKTIK (STUDI KASUS: MESIN MILLING & DRILLING ZY-40FG)

Nabil Ilham Pradita[1)*], Susan Susanti[2)], Ikhsan Fatir Ath-Thariq Harliansyah[3)]
[1),2).3)] Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang. Blok Kaleng Banteng Desa Cibogo, Kec. Cibogo, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41285, Indonesia
[*]email korespondensi: Nabil@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
16/10/26

Received in revised:
19/10/26

Accepted:
18/11/26

Online-Published:
22/11/96

ABSTRAK

Mesin drilling and milling ZY-40FG merupakan peralatan praktik yang digunakan secara intensif oleh mahasiswa Program Studi Pemeliharaan Mesin Politeknik Negeri Subang, namun selama ini hanya dirawat secara reaktif sehingga rentan menurun performa dan meningkatkan downtime. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode Autonomous Maintenance (AM) sebagai bagian dari Total Productive Maintenance (TPM) pada mesin tersebut, dengan melibatkan Operator/mahasiswa sebagai pelaksana perawatan dasar. Penelitian menggunakan pendekatan action research yang dijalankan melalui lima tahap: persiapan dan pemetaan titik kritis, pembersihan awal (initial cleaning), eliminasi sumber kontaminasi, penyusunan standar pembersihan dan pelumasan, serta uji coba lapangan dengan tagging area bermasalah. Hasil pemetaan mengidentifikasi sepuluh titik inspeksi kritis pada mesin ZY-40FG, meliputi oli dan lubrikasi, coolant, guide ways, pipa, motor, part bergerak, panel kontrol, unit coolant, kabel, serta meja dan dudukan mesin. Instrumen checklist harian yang disusun telah direvisi dan disetujui oleh Ketua Laboratorium Permesinan, dengan penyesuaian penting berupa pembatasan peran operator hanya pada pelaporan kondisi abnormal, bukan perbaikan mandiri. Analisis fishbone menunjukkan bahwa rendahnya efektivitas perawatan sebelumnya disebabkan oleh kombinasi faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan kerja. Penerapan AM berhasil mengubah pola perawatan dari reaktif menjadi preventif dan terstruktur, menghasilkan instrumen checklist yang siap digunakan secara rutin oleh operator mesin praktik.

***Kata Kunci** : autonomous maintenance; mesin drilling and milling; ZY-40FG; total productive maintenance; checklist perawatan*

ABSTRACT

The ZY-40FG drilling and milling machine is a training unit used intensively by mechanical maintenance students at Politeknik Negeri Subang, yet its upkeep has so far relied on reactive maintenance, increasing the risk of performance decline and unplanned downtime. This study aims to implement Autonomous Maintenance (AM), a pillar of Total Productive Maintenance (TPM), by engaging student operators in basic upkeep activities. An action research approach was applied through five stages: preparation and critical-point mapping, initial cleaning, elimination of contamination sources, drafting tentative cleaning and lubrication standards, and field trials with red-tagging of problem areas. Mapping identified ten critical inspection points on the ZY-40FG, covering lubrication oil, coolant, guide ways, piping, the motor, moving parts, the control panel, the coolant unit, wiring, and the table/base. The resulting daily checklist instrument was revised and approved by the head of the machining laboratory, with operators restricted to reporting abnormalities rather than performing repairs. Fishbone analysis identified man, machine, method, and environment factors behind the previously ineffective maintenance practice. The implementation of AM shifted the maintenance pattern from reactive to preventive and structured,

producing a ready-to-use checklist instrument for routine use by training-machine operators.

Keywords : *autonomous maintenance; drilling and milling machine; ZY-40FG; total productive maintenance; maintenance checklist*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri manufaktur menuntut peningkatan keandalan mesin dan peralatan produksi agar proses operasional berjalan optimal. Mesin merupakan aset penting yang berperan langsung dalam menunjang kualitas, kuantitas, dan kontinuitas produksi, sehingga kegiatan pemeliharaan menjadi aspek krusial yang tidak dapat diabaikan. Pemeliharaan yang kurang efektif dapat menyebabkan kerusakan mesin, penurunan kinerja, meningkatnya waktu henti (*downtime*), serta tingginya biaya perbaikan.

Politeknik Negeri Subang sebagai institusi pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten dan siap menghadapi kebutuhan industri. Salah satu fasilitas pendukung proses pembelajaran praktik adalah mesin *drilling & milling* ZY-40FG yang digunakan secara intensif oleh mahasiswa. Tingginya frekuensi penggunaan mesin ini berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penurunan performa, keausan komponen, dan kerusakan akibat kurang optimalnya kegiatan pemeliharaan rutin.

Selama ini, kegiatan pemeliharaan mesin di lingkungan pendidikan umumnya masih bersifat reaktif, yaitu dilakukan setelah terjadi kerusakan. Pendekatan ini kurang efektif karena dapat mengganggu proses pembelajaran praktik dan meningkatkan risiko kerusakan yang lebih parah. Penelitian terdahulu pada penerapan TPM di laboratorium produksi menunjukkan bahwa keterlibatan operator dalam perawatan harian dapat menekan frekuensi kerusakan dibandingkan pola perawatan yang sepenuhnya bergantung pada teknisi khusus (Siregar dkk., 2020). Temuan tersebut menjadi salah satu dasar bahwa pendekatan serupa berpotensi relevan diterapkan pada mesin praktik di lingkungan pendidikan vokasi, yang memiliki keterbatasan jumlah teknisi dibandingkan jumlah mesin dan pengguna.

Salah satu metode pemeliharaan yang dapat diterapkan adalah *Autonomous Maintenance* (AM), bagian dari konsep *Total Productive Maintenance* (TPM). Metode AM menekankan keterlibatan operator dalam melakukan perawatan dasar mesin, seperti pembersihan, pelumasan, inspeksi, dan deteksi dini terhadap potensi kerusakan. Penerapan metode ini diharapkan mampu meningkatkan kesadaran pengguna terhadap kondisi mesin, memperpanjang umur pakai peralatan, serta mengurangi tingkat kerusakan dan downtime. Berbeda dari penerapan AM pada mesin produksi industri yang dioperasikan oleh tenaga kerja tetap, mesin praktik seperti ZY-40FG dioperasikan oleh mahasiswa yang berganti setiap periode akademik, sehingga keberlanjutan AM perlu didukung instrumen *checklist* yang sederhana, terstandar, dan mudah diwariskan antaroperator. Celah inilah yang menjadi fokus penelitian ini, mengingat kajian AM yang secara spesifik dirancang untuk konteks mesin praktik pendidikan vokasi masih terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Autonomous Maintenance* dalam kegiatan pemeliharaan mesin *drilling & milling* ZY-40FG di Politeknik Negeri Subang. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam meningkatkan efektivitas pemeliharaan mesin praktik serta mendukung kelancaran proses pembelajaran di lingkungan pendidikan vokasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Total Productive Maintenance dan Autonomous Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan strategi pemeliharaan yang menempatkan keterlibatan seluruh elemen organisasi, termasuk operator, dalam menjaga keandalan peralatan produksi. Kajian literatur sistematis terhadap TPM menunjukkan bahwa keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada delapan pilar, salah satunya Autonomous Maintenance (AM), serta pada faktor pendukung seperti komitmen manajemen, pelatihan, dan budaya kerja yang konsisten (Ahuja & Khamba, 2008). AM secara khusus menekankan pengalihan sebagian tanggung jawab perawatan dasar—pembersihan, pelumasan, dan inspeksi—dari teknisi kepada operator, dengan tujuan menumbuhkan kepekaan pengguna terhadap kondisi mesin sejak dini sehingga gejala kerusakan dapat terdeteksi sebelum berkembang menjadi kegagalan fungsi (Nakajima, 1988; Suzuki, 1992).

Secara empiris, McKone et al. (2001) menggunakan pemodelan persamaan struktural untuk membuktikan bahwa praktik TPM berhubungan positif dan signifikan dengan kinerja manufaktur, baik dari sisi

biaya, kualitas, maupun ketepatan waktu pengiriman. Temuan ini memperkuat argumen bahwa keterlibatan operator dalam perawatan harian bukan sekadar aktivitas administratif, melainkan faktor yang berkontribusi langsung terhadap performa operasional peralatan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai perencanaan preventive maintenance pada mesin CNC milling menunjukkan bahwa penjadwalan perawatan berbasis interval waktu mampu menekan kegagalan mendadak, namun pendekatan tersebut umumnya masih bertumpu pada tim maintenance khusus dan kurang melibatkan operator harian secara aktif sebagai pelaksana inspeksi rutin. Pada konteks industri manufaktur, studi mengenai peningkatan *cycle time* mesin gabungan punching dan drilling oleh Rohizam (2017) menyoroti bahwa hambatan produktivitas banyak dipicu oleh kondisi mesin yang tidak optimal akibat minimnya perawatan rutin tingkat operator, bukan semata oleh desain proses produksi. Sementara itu, studi *precision hole-making* pada panel komposit oleh Norisam (2018) menegaskan bahwa kualitas hasil pengeboran sangat dipengaruhi oleh kondisi mata bor dan kestabilan mesin, yang dalam praktiknya hanya dapat dipantau secara konsisten melalui kontrol harian oleh pengguna langsung.

Pada lingkup laboratorium pendidikan, penerapan TPM di laboratorium produksi oleh Siregar dkk. (2020) menunjukkan bahwa keterlibatan operator dalam perawatan harian dapat menekan frekuensi kerusakan dibandingkan pola perawatan yang sepenuhnya bergantung pada teknisi khusus. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian tersebut, fokus penelitian ini berbeda karena objek kajian adalah mesin praktik dengan populasi operator (mahasiswa) yang berganti setiap periode akademik dan tujuan utamanya bukan efisiensi produksi, melainkan keberlanjutan fungsi mesin untuk kegiatan pembelajaran. Implikasinya, rancangan AM yang disusun pada penelitian ini lebih menekankan kesederhanaan instruksi, pembatasan kewenangan operator pada aspek pelaporan, dan pembentukan kebiasaan kerja, dibandingkan optimasi interval perawatan berbasis data historis kerusakan jangka panjang sebagaimana lazim pada studi di lingkungan industri.

2.3 Gap Penelitian

Berdasarkan tinjauan di atas, kajian AM pada literatur umumnya berfokus pada konteks industri manufaktur dengan operator tetap dan data historis kerusakan jangka panjang. Rancangan AM yang secara eksplisit mengakomodasi karakteristik mesin praktik pendidikan vokasi dengan rotasi operator tinggi dan keterbatasan kewenangan teknis mahasiswa masih jarang dibahas secara spesifik. Penelitian ini memposisikan diri untuk mengisi celah tersebut melalui perancangan dan uji coba lapangan instrumen AM yang divalidasi langsung oleh pihak laboratorium.

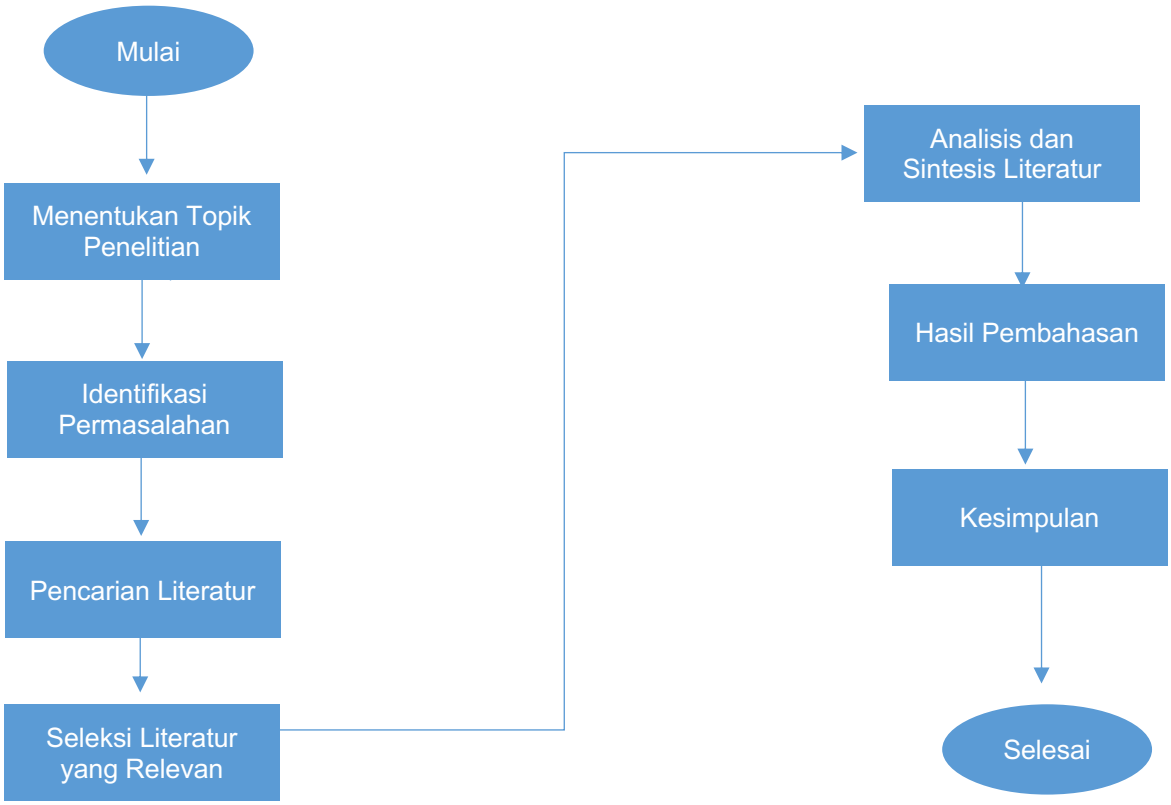
3. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan action research dengan menerapkan langkah-langkah dasar Autonomous Maintenance. Uji coba pembuatan sistem pemeliharaan dilakukan melalui lima tahapan terstruktur sebagai berikut.

1. Persiapan dan Sosialisasi pemetaan titik kritis pada mesin ZY-40FG bersama tim peneliti dan pihak laboratorium.
2. Pembersihan Awal (*Initial Cleaning*): membersihkan seluruh bagian mesin dari oli bekas, debu, dan beram, sekaligus mencari defect (cacat tersembunyi).
3. Eliminasi Sumber Masalah (*Countermeasures for Source of Contamination*): memperbaiki area yang sulit dibersihkan atau sumber kebocoran pelumas.
4. Penyusunan Standar Pembersihan dan Pelumasan (*Tentative AM Standards*): menyusun checklist harian untuk operator.
5. Uji Coba Lapangan (*Tagging*): simulasi penerapan checklist serta tagging, yaitu pemberian label pada area bermasalah yang membutuhkan penanganan lanjut.

Data dikumpulkan melalui observasi langsung kondisi fisik mesin, dokumentasi foto pada setiap titik inspeksi, serta diskusi dan validasi bersama Ketua Laboratorium Permesinan. Analisis data dilakukan secara deskriptif-kualitatif dengan dua pendekatan utama: (1) analisis akar masalah menggunakan diagram fishbone untuk mengidentifikasi penyebab rendahnya efektivitas perawatan sebelumnya, dan (2) penyusunan serta revisi instrumen checklist berdasarkan masukan teknis dari pihak laboratorium hingga mencapai bentuk final yang disetujui untuk diterapkan.

Selain itu metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mencari beberapa sumber *studi literature*. Yang dimana didalam metode ini banyak serangkaian kegiatan seperti: pengumpulan, membaca, mencatat, dan mengolah data pustaka dari buku, jurnal, dan dokumen terdahulu. Sehingga memperkuat teori peneliti dalam menerapkan *Autonomous Maintenance* pada Mesin *Milling & Drilling* ZY-40FG untuk mengurangi kerusakan mesin dan meminimalkan kerusakan dan kecelakaan kerja.

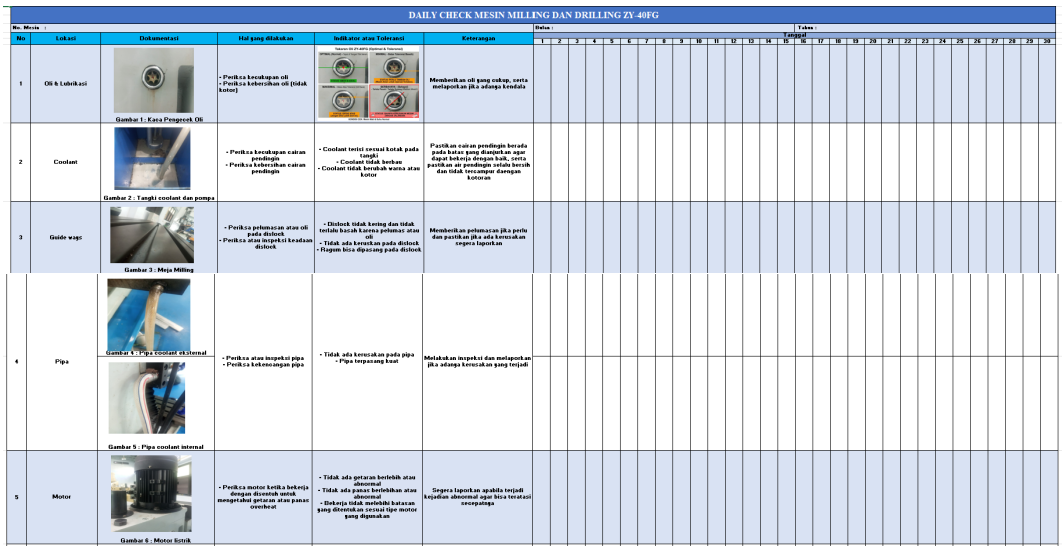


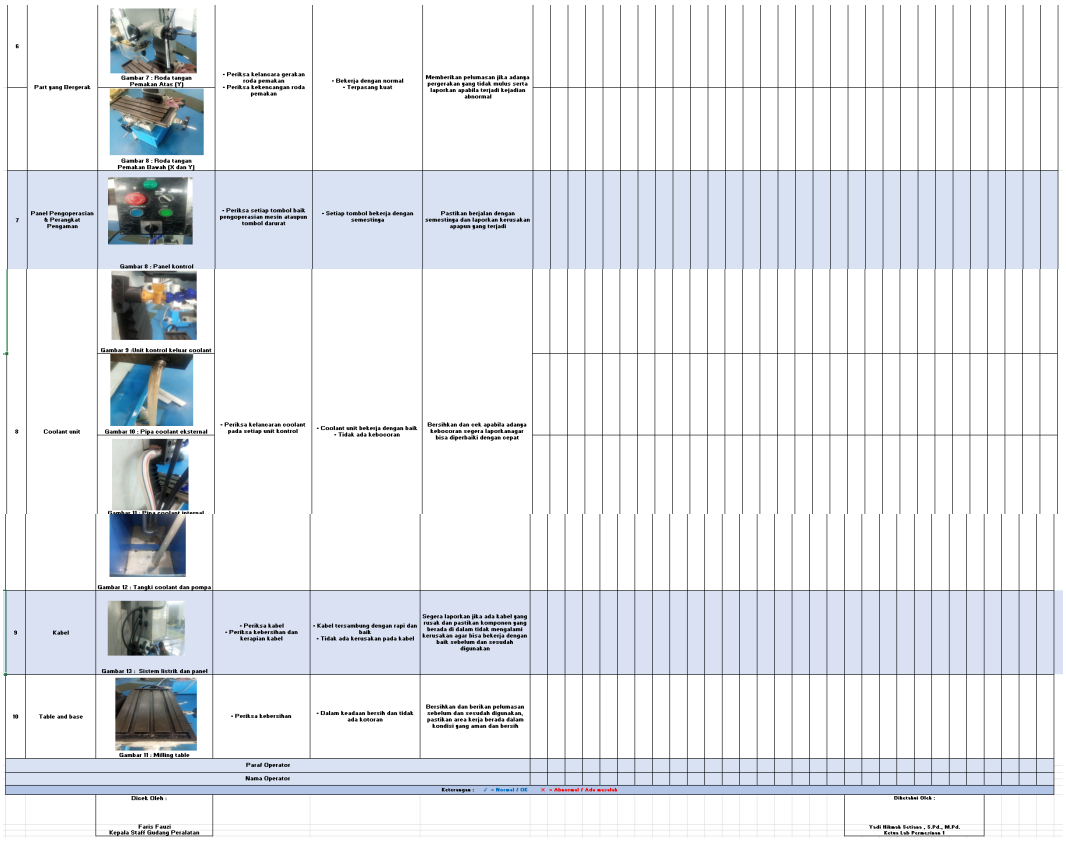
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemetaan Titik Kritis dan Instrumen Checklist

Tahap pembersihan awal dan pemetaan titik kritis pada mesin ZY-40FG mengidentifikasi sepuluh lokasi inspeksi yang menjadi fokus perawatan mandiri, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Setiap titik dilengkapi dokumentasi foto, parameter yang diperiksa, indikator atau toleransi normal, serta tindakan yang harus dilakukan operator.

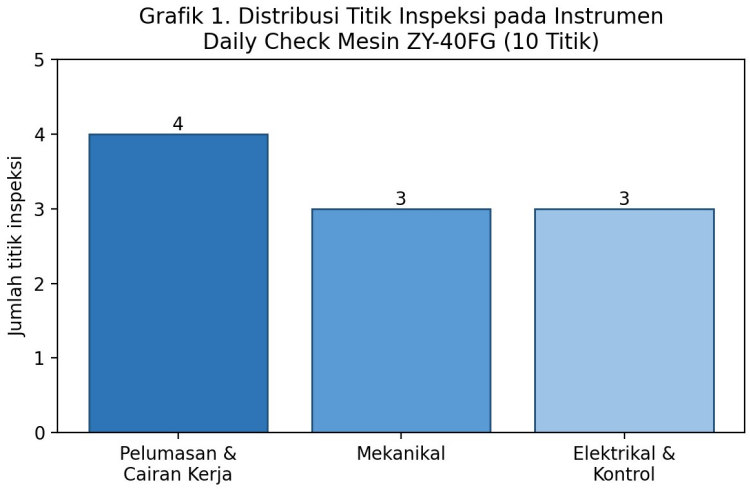




Tabel 1. Instrumen Daily Check Mesin Drilling & Milling ZY-40FG

Dokumentasi visual pada masing-masing titik inspeksi disertakan agar operator dapat mengenali lokasi pemeriksaan secara cepat dan akurat tanpa memerlukan latar belakang teknis mendalam, sebagaimana ditunjukkan pada tabel diatas.

Sepuluh titik inspeksi pada Tabel 1 dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori fungsional sebagaimana disajikan pada Grafik 1: kategori pelumasan dan cairan kerja (oli, *coolant*, pipa, *unit coolant)*, kategori mekanikal (*guide ways, part bergerak, table and base*), dan kategori elektrikal-kontrol (motor, *panel kontrol*, kabel).



Grafik 1. Distribusi Titik Inspeksi pada Instrumen Daily Check Mesin ZY-40FG

Grafik 1 menunjukkan bahwa kategori pelumasan dan cairan kerja mendapat porsi inspeksi terbanyak (4 dari 10 titik). Proporsi ini sejalan dengan temuan Norisam (2018) bahwa kestabilan proses pemesinan presisi sangat dipengaruhi oleh kondisi pelumasan dan cairan pendingin, sehingga wajar apabila instrumen checklist memberi perhatian lebih besar pada aspek tersebut dibandingkan aspek mekanikal maupun elektrikal yang frekuensi gangguannya relatif lebih jarang pada penggunaan jangka pendek seperti mesin praktik.

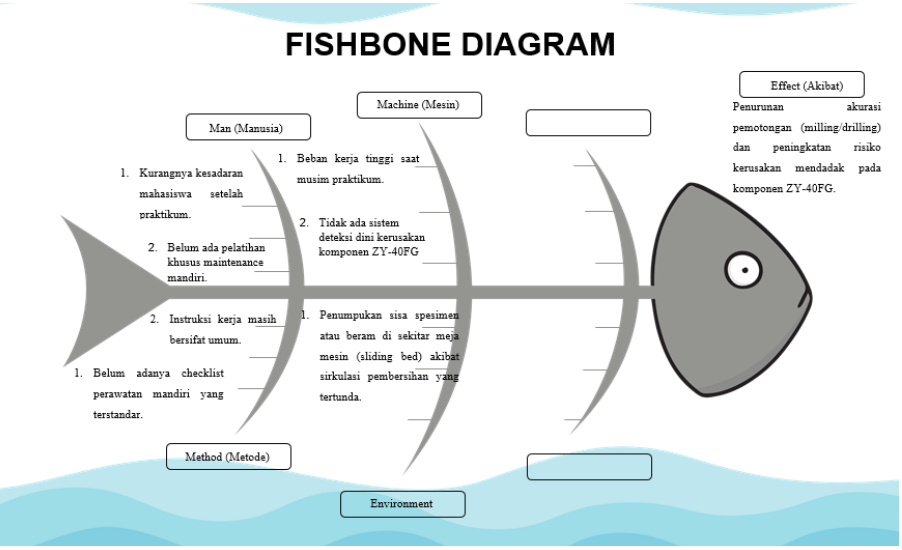
4.2 Revisi Instrumen Berdasarkan Validasi Teknis

Rancangan checklist awal direvisi melalui proses validasi bersama Ketua Laboratorium Permesinan sebelum ditetapkan sebagai instrumen final. Beberapa penyesuaian penting yang dihasilkan dari proses validasi tersebut meliputi: penambahan indikator visual untuk menilai kualitas oli (perubahan warna dan bau, bukan sekadar ketinggian), penyesuaian istilah teknis dari "*weeper*" menjadi "*dislock*" untuk merujuk pada kondisi ragum yang bermasalah, penegasan bahwa peran operator dibatasi pada pelaporan kondisi abnormal dan tidak mencakup tindakan perbaikan mandiri, kelengkapan pemeriksaan pada tuas penggerak arah *left, right*, dan *forward*, pengujian fungsi panel kontrol secara berkala, kelengkapan pemeriksaan kabel hingga ke titik sambungan, penambahan pertimbangan kondisi karet pelindung mesin, serta pemeriksaan toleransi kesesuaian part.

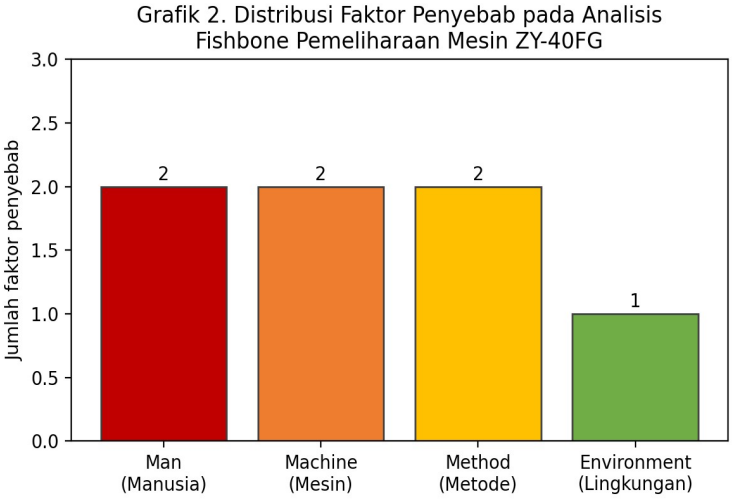
Pembatasan peran operator hanya pada aspek pelaporan merupakan penyesuaian yang signifikan terhadap konsep AM secara umum, yang pada literatur klasik TPM memberi ruang lebih luas bagi operator untuk melakukan tindakan perbaikan ringan (Nakajima, 1988; Suzuki, 1992). Penyesuaian ini relevan dengan konteks mesin praktik pendidikan, mengingat operator berstatus mahasiswa tidak memiliki kompetensi teknis maupun kewenangan untuk melakukan perbaikan, sehingga risiko kesalahan penanganan dapat dihindari sekaligus tetap mempertahankan esensi AM, yaitu deteksi dini melalui keterlibatan langsung pengguna mesin.

4.3 Analisis Akar Masalah (Fishbone Diagram)

Untuk mengidentifikasi penyebab rendahnya efektivitas pemeliharaan mesin ZY-40FG sebelum penerapan AM, dilakukan analisis diagram fishbone sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.



Tabel 2. Analisis Akar Masalah Pemeliharaan Mesin ZY-40FG (Fishbone)



Grafik 2. Distribusi Faktor Penyebab pada Analisis Fishbone Pemeliharaan Mesin ZY-40FG

Grafik 2 menunjukkan bahwa faktor manusia (*man*) dan metode (*method*) memiliki bobot yang setara dengan faktor mesin, masing-masing menyumbang dua dari tujuh faktor penyebab yang teridentifikasi, sementara faktor lingkungan menyumbang satu faktor. Pola ini berbeda dari studi *fishbone* pada konteks industri yang umumnya didominasi faktor mesin dan metode produksi (Rohizam, 2017); pada mesin praktik pendidikan, bobot signifikan faktor manusia mengindikasikan bahwa intervensi paling efektif bukan semata perbaikan teknis, melainkan pembentukan kebiasaan dan kesadaran operator melalui instrumen checklist yang konsisten digunakan.

Keempat faktor pada Tabel 2 secara kumulatif bermuara pada penurunan akurasi pemotongan (*milling/drilling*) dan meningkatnya risiko kerusakan mendadak pada komponen ZY-40FG. Pola ini selaras dengan temuan pada penerapan TPM di laboratorium produksi, yang menyebutkan bahwa kombinasi faktor manusia dan metode kerja yang tidak terstandar menjadi penyebab dominan rendahnya efektivitas pemeliharaan berbasis operator (Siregar dkk., 2020). Dibandingkan dengan studi tersebut yang dilakukan pada lingkungan produksi dengan operator tetap, faktor lingkungan kerja akademik khususnya tingginya rotasi pengguna mesin per semester muncul sebagai faktor tambahan yang khas pada konteks pendidikan vokasi dan belum banyak dibahas pada literatur AM sebelumnya.

4.4 Implikasi Penerapan AM terhadap Pola Pemeliharaan

Hasil keseluruhan tahapan action research menunjukkan bahwa penerapan AM mengubah pola pemeliharaan mesin ZY40FG dari yang sebelumnya reaktif menjadi preventif dan terstruktur. Tersedianya instrumen checklist yang telah divalidasi memungkinkan mahasiswa selaku operator melakukan inspeksi dini secara konsisten sebelum dan sesudah praktikum, sementara tindakan korektif tetap berada di bawah kendali teknisi laboratorium melalui mekanisme pelaporan. Pembagian peran ini menjawab gap penelitian yang diidentifikasi di awal, yaitu kebutuhan akan rancangan AM yang sesuai dengan karakteristik mesin praktik dengan populasi operator yang berganti setiap periode akademik, sekaligus menjadi kontribusi utama penelitian ini berupa instrumen checklist siap pakai yang dapat diwariskan antarangkatan mahasiswa.

4.5 Perbandingan dengan Teori dan Kontribusi Penelitian

Tujuh langkah AM klasik menurut Nakajima (1988) menempatkan operator pada peran yang relatif luas, termasuk melakukan tindakan perbaikan ringan setelah inspeksi otonom. Hasil penelitian ini menunjukkan adaptasi terhadap teori tersebut: peran operator dibatasi hanya pada pelaporan kondisi abnormal, sedangkan tindakan korektif tetap berada di tangan teknisi laboratorium. Adaptasi ini konsisten dengan argumen Ahuja dan Khamba (2008) bahwa keberhasilan implementasi TPM/AM sangat bergantung pada penyesuaian terhadap konteks organisasi, bukan penerapan langkahlangkah secara kaku tanpa modifikasi. Pada konteks mesin praktik dengan operator berstatus mahasiswa, penyesuaian kewenangan ini menjadi kontribusi konseptual penelitian terhadap literatur AM, yang sejauh ini lebih banyak membahas penerapan pada operator tetap di lingkungan industri (McKone et al., 2001; Siregar dkk., 2020).

Kontribusi praktis penelitian ini berupa instrumen checklist sepuluh titik inspeksi yang telah divalidasi oleh pihak laboratorium dan siap digunakan secara rutin, serta peta faktor penyebab (fishbone) yang dapat menjadi dasar evaluasi keberlanjutan program AM pada periode akademik berikutnya. Kedua luaran ini

menjawab gap penelitian yang diidentifikasi pada bagian Tinjauan Pustaka, yaitu kebutuhan akan rancangan AM yang sesuai dengan karakteristik mesin praktik pendidikan vokasi.

5. KESIMPULAN

Penerapan metode *Autonomous Maintenance* pada mesin *drilling & milling* ZY-40FG di Politeknik Negeri Subang berhasil mengubah pola perawatan menjadi lebih preventif dan terstruktur. Melalui lima tahapan action research, penelitian ini menghasilkan pemetaan sepuluh titik kritis inspeksi serta instrumen checklist harian yang telah direvisi berdasarkan masukan teknis dan disetujui oleh Ketua Laboratorium Permesinan. Analisis *fishbone* mengidentifikasi faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan sebagai penyebab utama rendahnya efektivitas pemeliharaan sebelumnya. Dengan instrumen yang dihasilkan, operator/mahasiswa kini dapat melakukan inspeksi dini secara efektif sesuai batas kewenangannya, yang pada akhirnya dapat meminimalkan risiko kerusakan mesin selama praktikum berlangsung.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Yadi Hikmah Setiana, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Laboratorium Permesinan 1 Politeknik Negeri Subang atas bimbingan dan validasi teknis terhadap instrumen *checklist Autonomous Maintenance* dalam penelitian ini, serta kepada Program Studi Pemeliharaan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang atas dukungan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. International Journal of Quality & Reliability Management, 25(7), 709–756. https://doi.org/10.1108/02656710810890890

Borris, S. (2006). Total productive maintenance. McGraw-Hill.

Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. Journal of Operations Management, 19(6), 675–694.

McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. Journal of Operations Management, 19(1), 39–58. https://doi.org/10.1016/S02726963(00)00030-9

Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total productive maintenance. Productivity Press.

Norisam, N. (2018). Precision hole-making on composite panel: Effect to productivity and quality (Tugas akhir, Universiti Sains Malaysia).

Rohizam, R. (2017). Cycle time improvement of combined punching and drilling machine (Tugas akhir, Universiti Sains Malaysia).

Siregar, I., dkk. (2020). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) pada mesin milling di laboratorium produksi. Jurnal Teknik Industri, 12(2), 145–152.

Suzuki, T. (1992). New directions for TPM. Productivity Press.