REKONDISI *HEAD* MESIN FRAIS *FEHLMANN PICOMAX 20* DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN POLMAN BABEL

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Disusun Oleh:

Bindara Muhamad NIM: 0012236

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2025

LEMBAR PENGESAHAN

REKONDISI *HEAD* MESIN FRAIS *FEHLMANN PICOMAX 20* DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN POLMAN BABEL

Oleh:

Bindara Muhamad/0012236

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
(Masdani, S.S.T., M.T)	(Indra Feriadi, S.S.T., M.T)
Penguji 1	Penguji 2
(Tuparjono, S.S.T., M.T)	(Robert Napitupulu, S.S.T., M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Bindara Muhamad NIM: 0012236

Dengan judul: REKONDISI *HEAD* MESIN FRAIS *FEHLMANN PICOMAX 20* DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN POLMAN BABEL

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Juli 2025

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1. Bindara Muhamad	

ABSTRAK

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (Polman Babel). Memiliki sebuah Bengkel yang dinamakan Laboratorium Teknik Mesin yang untuk kegiatan produksi dan praktik mahasiswa serta pembelajaran lainnya. Laboratorium Teknik Mesin memiliki berbagai jenis mesin. Salah satu mesin frais Fehlmann Picomax 20, mesin ini mengalami kerusakan pada bagian head yang tidak bisa bergerak naik turun, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada head, memperbaiki kerusakan pada head untuk mengembalikan fungsi mesin serta, Merancang prosedur perawatan mandiri untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang usia pakai mesin. Untuk mencari akar penyebab masalah menggunakan metode analisa 5 why yang dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, analisa penyebab kerusakan, perencanaan perbaikan, proses perbaikan, pengujian, serta perancangan perawatan mandiri. Hasil dari analisa 5 why, penyebab akar masalah pada head mesin tersebut adalah tidak ada perawatan yang dilakukan oleh operator pada bagian head mesin. Selanjutnya melakukan tindakan perbaikan pada head serta melakukan pengujian terhadap head mesin dengan melakukan uji fungsi. Berdasarkan hasil uji fungsi head mesin dapat bergerak naik turun sesuai fungsinya. Untuk mencegah kerusakan agar tidak kembali dibuatlah perawatan mandiri pada head mesin tersebut.

Kata Kunci: Mesin Frais Fehlmann Picomax 20, Metode 5 Why, Perawatan Mandiri, Rekondisi

ABSTRACT

State Manufacturing Polytechnic of Bangka Belitung (Polman Babel). Has a workshop named Mechanical Engineering Laboratory for production activities and student practice as well as other learning. The Mechanical Engineering Laboratory has various types of machines. One of the Fehlmann Picomax 20 milling machines, this machine experienced damage to the head that could not move up and down, so it needed to be repaired. This study aims to determine the cause of damage to the head, repair the damage to the head to restore the machine's function and, Design a self-maintenance procedure to prevent damage and extend the machine's service life. To find the root cause of the problem using the 5 why analysis method starting from problem identification, data collection, analysis of the cause of damage, repair planning, repair process, testing, and designing self-maintenance. The results of the 5 reasons analysis, the root cause of the problem on the machine head is the lack of maintenance carried out by the operator on the machine head. Next, take repair actions on the head and test the machine head by conducting a function test. Based on the results of the function test, the machine head can move up and down according to its function. To prevent damage from recurring, autonomous maintenance is made on the machine head.

Keywords: Fehlmann Picomax 20 Milling Machine, 5 Whys Method, Autonomous Maintenance, Reconditioning

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kita rahmat, kesehatan dan karunianya, sehingga penulis mampu menyelesaikan proyek akhir ini pada waktu yang telah ditentukan. Proyek akhir yang berjudul "Rekondisi *Head* Mesin Frais *Fehlmann Picomax 20* di Laboratorium Teknik Mesin Polman Babel" disusun sebagai bagian dari persyaratan untuk kelulusan bagi Ahli Madya Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penyusunan proyek akhir ini didasarkan pada kegiatan penelitian yang telah dilakukan selama mengikuti program proyek akhir. Kegiatan Rekondisi *Head* Mesin Frais *Fehlmann Picomax 20* yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Polman Babel diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam menunjang kualitas pembelajaran mahasiswa. Selama proses penyusunan proyek akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik dalam penulisan dan penyusunan materi yang telah didapatkan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala berkat, rahmat, dan hidayah-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini serta laporannya.
2. Kedua orangtua dan keluarga yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan penuh baik secara moral maupun meteri kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
3. Bapak Masdani, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 dalam proyek akhir yang telah membimbing penulis menyelesaikan proyek akhir ini.
4. Bapak Indra Feriadi, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 dalam proyek akhir yang telah membimbing penulis menyelesaikan proyek akhir ini.
5. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, S.S.T., M.T. selaku Ka. Jurusan Rekayasa Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Angga Sateria, S.S.T., M.T. selaku, Ka. Prodi Perawatan dan Perbaikan

Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Teknisi polman yang telah banyak membantu selama proses pelaksanaan proyek akhir.
8. Teman- teman seperjuangan terutama kelas 3 PPM B yang telah membantu dalam menyelesaikan proyek akhir.
9. Semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian proyek akhir ini, meskipun tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Sebagai manusia biasa, Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kesalahan, termasuk dalam penulisan laporan proyek akhir ini. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan dalam wawasan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, jika masih ada kesalahan dalam laporan ini, penulis mohon untuk dimaafkan. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri dan semua pihak yang membacanya. Akhir kata penulis ingin mengucapkan terima kasih.

Sungailiat, juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT ..... Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK ..... **iii**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Proyek Akhir 3
BAB II LANDASAN TEORI **4**
2.1 Mesin frais 4
2.1.1 Bagian utama mesin frais 5
2.2 Pengertian perawatan 6
2.2.1 Jenis-jenis maintenance (Perawatan) 6
2.2.2 Tujuan *maintenance* (Perawatan) 8
2.2.3 Fungsi perawatan 9
2.3 Perawatan korektif 9
2.4 Perawatan preventif 10
2.5 Analisa kerusakan 10
2.5.1 Analisa 5 *why* 10
2.6 Pengujian 11
2.6.1 Pengujian fungsi 11
BAB III METODE PELAKSAAN **12**
3.1 Identifikasi masalah 13

3.2 Pengumpulan data 13
3.3 Analisa penyebab kerusakan 13
3.4 Perencanaan perbaikan 14
3.5 Proses perbaikan....14
3.6 Uji coba 14
3.7 Perancangan perawatan mandiri....14
3.8 Kesimpulan 15
BAB IV PEMBAHASAN....16
4.1 Identifikasi masalah 16
4.2 Pengumpulan data 16
4.3 Analisa penyebab kerusakan (5 *why*)....17
4.4 Perencanaan perbaikan....18
4.5 Proses perbaikan....19
4.5.1 Proses perbaikan *head*....20
4.5.2 Modifikasi engkol penggerak....23
4.5.3 Modifikasi alat bantu penutup roda gigi 24
4.6 Pengujian....25
4.6.1 Pengujian fungsi....25
4.7 Perancangan pemeliharaan mandiri 26
BAB V PENUTUP....28
5.1 Kesimpulan 28
5.2 Saran....28
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Hal
Tabel 4. 1 Spesifikasi mesin 17
Tabel 4. 2 Perencanaan perbaikan.....19
Tabel 4. 3 Proses perbaikan head.....20
Tabel 4. 4 Modifikasi engkol penggerak.....24
Tabel 4. 5 Modifikasi penutup roda gigi.....25
Tabel 4. 6 Pengujian fungsi.....26

DAFTAR GAMBAR

Gambar Hal
Gambar 1. 1 Head tampak depan 2
Gambar 1. 2 Head tampak samping 2
Gambar 2. 1 Mesin frais fehlmann picomax 20 5
Gambar 2. 2 Bagian utama mesin frais fehlmann picomax 20 5
Gambar 3. 1 Flowchart.....12
Gambar 4. 1 Analisa kerusakan head 5 why 18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (Polman Babel) didirikan tahun 1994 yang dahulu bernama Akademi Teknik Polman Timah yang merupakan salah satu bentuk sumbangsih PT. Timah, Tbk kepada masyarakat Bangka Belitung. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung terdiri dari 3 jurusan yaitu Jurusan Rekayasa Mesin, Jurusan Teknik Elektro dan Industri Pertanian, serta Jurusan Informatika dan Bisnis. Setiap jurusan tersebut memiliki beberapa prodi salah satunya Jurusan Rekayasa Mesin yang memiliki empat prodi yaitu, D3 Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, D3 Teknik Perancangan Mekanik, D4 Teknik Mesin dan Manufaktur, serta D4 Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur. Jurusan Rekayasa Mesin memiliki sebuah Bengkel yang dinamakan Laboratorium Teknik Mesin yang untuk kegiatan produksi dan praktik mahasiswa serta pembelajaran lainnya.

Laboratorium Teknik Mesin memiliki berbagai jenis mesin dan peralatan untuk menunjang kegiatan pembelajaran, praktikum, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, seperti mesin Frais, Bor, Bubut, Gerinda Datar, CNC, Sekrap, dan mesin lainnya. Seiring dengan usia pemakaian, ada beberapa mesin yang pernah mengalami kerusakan dan penurunan performa baik secara fisik maupun fungsinya, diantaranya seperti mesin frais *Fehlmann Picomax 20* yang mengalami kerusakan pada bagian *head* yang merupakan bagian utama pada mesin. Kerusakan tersebut menyebabkan *head* tidak bisa naik dan turun dengan optimal, sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan. Adapun bagian *head* pada mesin dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan 1.2.

Gambar 1. 1 *Head* tampak depan

Gambar 1. 2 *Head* tampak samping

Proyek rekondisi *head* mesin ini menjadi sangat penting untuk mendukung kegiatan pembelajaran di Laboratorium Teknik Mesin agar tetap berjalan optimal. Karena kerusakan ini dapat mengganggu efektivitas proses belajar dan praktikum mahasiswa. Oleh karena itu, perlu dilakukan rekondisi *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20* ini untuk memperbaiki kerusakannya. Untuk mendukung kegiatan rekondisi *head* mesin, metode yang digunakan adalah metode 5 *why* dan perawatan korektif.

Penggunaan perawatan korektif dinilai lebih tepat untuk memperbaiki kegagalan mesin atau sistem pemesinan. Dalam tahapan ini untuk menganalisa penyebab permasalahan pada *head* mesin menggunakan teknik seperti analisa *5 why* untuk menelusuri akar penyebab masalah. Metode ini digunakan untuk menganalisis suatu permasalahan dengan mengajukan pertanyaan "mengapa" secara berulang hingga akar penyebab ditemukan. Berdasarkan penelitian terdahulu, penerapan metode 5 *why* telah memberikan contoh untuk menyelesaikan persoalan kerusakan mesin. Sebagai contoh (Saputra & Welihardo, 2024) yang berjudul "Penerapan Perawatan Korektif Pada Kasus Kerusakan *Slotting Attachment* Mesin Frais" menunjukkan bahwa penerapan 5 *why* mampu mengembalikan kinerja mesin ke kondisi yang lebih baik. Dari hasil perbaikan *slotting attachment* dapat berfungsi dengan baik dan langkah gerak slotting dari 87 mm menjadi 107 mm. Adapun penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Hadistiya & Saipullah, 2022) yang berjudul "Rekondisi

Mesin Bubut Krisbow BU24 di Laboratorium Pemesinan Dasar Polman Babel". Berdasarkan hasil perbaiki pada *gearbox*, eretan melintang, sistem pendingin pahat, dan tombol *emergency*, serta melakukan beberapa pengujian sehingga hasil mesin dapat dinyatakan ke kondisi yang dapat diterima.

Proyek ini bertujuan untuk melakukan rekondisi *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20*. Dengan menganalisis akar penyebab kerusakan kondisi mesin secara mendalam dan menyusun prosedur pemeliharaan yang tepat, diharapkan solusi rekondisi yang diterapkan dapat mengembalikan kinerja mesin ke kondisi optimal, mengurangi *downtime*, dan memperpanjang umur operasional. Proyek ini diharapkan menjadi acuan dalam pengembangan sistem perawatan mesin perkakas yang lebih efisien, tidak hanya di lingkungan pendidikan tetapi juga di industri manufaktur.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan utama yang dihadapi adalah ketidakmampuan *head* mesin untuk bergerak naik dan turun dengan optimal, yang mengganggu proses pengefraisan. Dengan pernyataan ini rumusan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Apa penyebab *head* tidak bisa bergerak naik dan turun?
2. Bagaimana memperbaiki kerusakan pada *head* ?
3. Bagaimana perawatan mandiri yang tepat untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari proyek akhir ini yaitu untuk melakukan rekondisi pada *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20* di Laboratorium Teknik Mesin:

1. Mengetahui penyebab kerusakan pada *head.*
2. Memperbaiki kerusakan pada *head* untuk mengembalikan fungsi mesin.
3. Merancang prosedur perawatan mandiri untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang usia pakai mesin.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Mesin frais

Mesin frais merupakan jenis mesin perkakas yang memiliki gerak utama berputar dan dirancang untuk berbagai keperluan pemesinan. Prinsip kerjanya adalah dengan memutar pahat, sementara benda kerja digerakkan secara terarah. Mesin ini tidak hanya digunakan sebagai kegiatan produksi, tetapi juga dimanfaatkan untuk pekerjaan khusus (Jhoshi, 2007).

Mesin frais berfungsi untuk membentuk satu atau beberapa permukaan pada benda kerja sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Proses pemesinan dilakukan dengan menempatkan benda kerja di atas meja mesin dan menjepitnya menggunakan alat pencekam tertentu. Jenis-jenis mesin frais dibedakan berdasarkan posisi *spindle* utamanya. Adapun tipe mesin frais berdasarkan posisi *spindle* sebagai berikut:

1. Mesin Frais (Vertikal)

mesin frais yang memiliki *spindle* dengan arah tegak lurus, di mana pahat potong terpasang secara vertikal.

2. Mesin Frais (Horizontal)

mesin frais dengan arah poros utama mendatar. Pahat potong dipasang pada *spindle* dalam posisi horizontal.

Berikut ini adalah salah satu gambar dari jenis mesin frais vertikal yaitu mesin frais *Fehlmann Picomax 20* dan gambar mesin ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:

Gambar 2. 1 Mesin frais *fehlmann picomax 20* (https://mach4metal.com)

2.1.1 Bagian utama mesin frais

Bagian utama mesin ini terdiri dari beberapa bagian berfungsi sebagai pendukung pada proses pemesinan frais. Berikut bagian utama mesin frais diantara lain ditunjukan pada gambar 2.2 berikut:

Gambar 2. 2 Bagian utama mesin frais *fehlmann picomax* 20

Bagian utama dan fungsi mesin:

1. *Spindle* utama berfungsi untuk mencengkam arbor pada alat potong.
2. *Column* berfungsi berfungsi sebagai bagian penyangga utama yang menjadi tempat melekatnya komponen-komponen mesin, seperti *spindle*, tuas pengatur, dan motor penggerak.
3. Meja berperan sebagai landasan untuk meletakkan ragum yang digunakan dalam menjepit benda kerja yang akan dikerjakan.
4. *Knee* berfungsi sebagai penahan atau penopang meja mesin.
5 *Base* yang terletak di bagian bawah berfungsi sebagai tempat penampung dromus, serta berfungsi sebagai tempat penyimpanan alat-alat lainnya.
6. Motor berfungsi sebagai mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik. Pada bagian inilah sumber penggerak mesin frais.
7. *Head* mesin berfungsi sebagai komponen yang mengatur pergerakan naik turun *spindle*, serta terhubung langsung ke bagian *column*. Komponen ini dilengkapi dengan beberapa mekanisme seperti roda gigi, *bearing*, serta ulir.

2.2 Pengertian perawatan

Perawatan adalah rangkaian aktivitas yang bertujuan untuk menjaga serta mengembalikan suatu produk ke kondisi yang layak pakai atau dapat diterima. Dalam konteks industri, *maintenance* diartikan sebagai upaya pemeliharaan terhadap komponen atau mesin, yang dilakukan dengan cara memperbarui masa pakainya apabila sudah tidak layak digunakan atau mengalami kerusakan (Nursanti, 2019).

2.2.1 Jenis-jenis maintenance (Perawatan)

Beberapa jenis- jenis perawatan yaitu:

1) *Planned Maintenance* (Perawatan terencana)

Perawatan terencana adalah proses pengendalian dan pencatatan yang dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan sebelumnya. Data yang

diperlukan terkait riwayat mesin atau peralatan mencakup laporan permintaan perawatan, hasil pemeriksaan, pelaksanaan perbaikan, serta dokumen pendukung lainnya. Adapun 3 bentuk perawatan terencana yaitu:

a) *Preventive maintenance* (Perawatan pencegahan)

Tindakan perawatan pencegahan yang dilaksanakan secara rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan pada fasilitas produksi, sehingga mesin tetap dapat digunakan secara optimal dalam proses produksi.

b) *Correktive maintenance* (Perawatan perbaikan)

Bentuk tindakan korektif yang dilaksanakan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan fungsi mesin atau peralatan. Tujuan dari perawatan ini adalah untuk mengembalikan fungsi alat agar dapat beroperasi dengan baik.

c) *Predictive maintenance* (Perawatan Prediktif)

Pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan prediksi atau analisis dari data operasional, seperti getaran, suhu (*temperature*), kecepatan aliran (*flow rate*), dan parameter lainnya. Tindakan ini dilakukan sesuai jadwal tertentu yang ditetapkan berdasarkan hasil evaluasi.

2) *Unplanned maintenance* (Perawatan Tak Terencana)

Unplanned maintenance adalah tindakan perawatan yang umumnya dilakukan ketika mesin atau peralatan mengalami kerusakan total serta tidak dapat lagi beroperasi sebagaimana mestinya. Melalui perawatan ini, diharapkan dapat memperpanjang masa pakai serta mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan secara berulang.

3) *Autonomous maintenance* (Perawatan Mandiri)

Suatu pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas mesin melalui keterlibatan langsung dari operator. Operator dilibatkan secara aktif dalam melakukan kegiatan pemeliharaan terhadap mesin dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.

Autonomous maintenance merupakan pendekatan pemeliharaan yang dapat dibagi menjadi tujuh langkah utama. Langkah-langkah ini dirancang untuk membekali operator dengan keterampilan yang diperlukan dalam merawat mesin atau peralatan yang mereka operasikan secara mandiri. Tujuh langkah tersebut meliputi:

a) Melakukan pembersihan dan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap mesin atau peralatan (*clean and inspect*).
b) Menyusun standar prosedur operasional untuk aktivitas pembersihan dan pelumasan.
c) Mengidentifikasi dan menghilangkan sumber permasalahan serta area yang sulit dijangkau (*eliminate problem and inaccessible area*).
d) Menjalankan perawatan mandiri oleh operator (*conduct autonomous maintenance*).
e) Melakukan inspeksi umum secara menyeluruh (*conduct general inspection*).
f) Menjalankan perawatan mandiri secara menyeluruh dengan standar yang telah ditentukan (*fully autonomous maintenance*).
g) Menjaga keteraturan dan kebersihan lingkungan kerja (*organization and tidiness*).

2.2.2 Tujuan *maintenance* (Perawatan)

Menurut (Daryus, 2007), tujuan utama dari kegiatan perawatan meliputi beberapa hal berikut:

1) Mengidentifikasi kerusakan mesin sedini mungkin.
2) Memaksimalkan usia pakai aset.
3) Mempertahankan kualitas agar tetap berada pada tingkat yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.
4) Mengurangi risiko penggunaan dan penyimpanan yang berlebihan.
5) Menurunkan frekuensi serta biaya perawatan secara keseluruhan.
6) Mencegah aktivitas pemeliharaan yang membahayakan keselamatan kerja.
7) Meningkatkan sinergi antara fungsi perawatan dengan fungsi-fungsi lainnya

di perusahaan, guna memperoleh hasil produksi maksimal dengan biaya minimal.

2.2.3 Fungsi perawatan

Fungsi perawatan bertujuan untuk menambah umur pakai mesin dan peralatan, serta memastikan bahwa mesin serta peralatan tersebut tetap beroperasi dalam kondisi normal serta siap digunakan untuk mendukung kelancaran proses produksi (Nursanti, 2019).

2.3 Perawatan korektif

Perawatan korektif merupakan tindakan perbaikan yang dilakukan terhadap mesin setelah terjadi kerusakan yang berpotensi menghambat kelancaran proses produksi. Perawatan ini juga dikenal sebagai kegiatan perbaikan mesin (Tampubolon, 2014). Perawatan korektif mengacu pada serangkaian tindakan perawatan yang dilakukan secara berulang untuk memperbaiki atau menyetel komponen-komponen tertentu yang sudah tidak memenuhi standar kinerja yang ditetapkan. Kegiatan ini biasanya mencakup perbaikan ringan dan bersifat jangka pendek, serta dilakukan di luar jadwal inspeksi rutin maupun *overhaul* yang telah direncanakan (Suzen & Feriadi, 2018).

Fungsi perawatan korektif merupakan untuk memperbaiki keruskaan atau kegagalan pada peralatan atau sistem setelah terjadi kerusakan, agar peralatan tersebut dapat kembali berfungsi seperti semula (Alif & Pratama, 2021).

Adapun tujuan utama perawatan korektif adalah:

1. Mengetahui fungsi alat atau mesin ke kondisi operasional.
2. Mencegah kerusakan meluas pada mesin.
3. Meminimalkan waktu henti (*downtime*).

2.4 Perawatan preventif

Merupakan langkah pencegahan yang diambil bertujuan supaya menghindari kemungkinan terjadinya kerusakan yang tidak terduga pada mesin. Kegiatan perawatan dilakukan secara rutin sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, dengan interval yang disesuaikan berdasarkan kondisi mesin. Proses perbaikan dalam perawatan ini mengikuti waktu yang telah ditetapkan dan umumnya dibagi menjadi empat kategori berdasarkan volume pekerjaan, seperti *Inspeksi* (I), Perbaikan Ringan (S), Perbaikan Sedang (M), dan *Overhaul* (O). Beban kerja akan meningkat secara bertahap, dimulai dari tahap pemeriksaan hingga mencapai tahap *overhaul* (Daryus, 2014).

2.5 Analisa kerusakan

Setiap mesin kemungkinan mengalami kerusakan atau penurunan kinerja pada waktu tertentu. Secara umum, terdapat tiga faktor utama menyebabkan kerusakan mesin, yaitu kesalahan dari operator *(human error)*, usia pemakaian, dan kurangnya pelaksanaan pemeliharaan secara rutin.

Ketika mesin mengalami kerusakan, tindakan perbaikan harus segera dilakukan guna mencegah terganggunya proses produksi. Proses perbaikan dapat dilakukan secara optimal, langkah pertama yang perlu ditempuh adalah melakukan analisis terhadap jenis dan penyebab kerusakan. Analisa ini bertujuan untuk meminimalisasi kesalahan dalam proses perbaikan serta menghindari terjadinya kerusakan berulang di kemudian hari (Nurinda & Fukcan, 2022).

2.5.1 Analisa 5 *why*

Metode 5 *why* merupakan suatu pendekatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari suatu masalah. Teknik ini dilakukan dengan cara mengajukan pertanyaan "mengapa" secara berulang, biasanya hingga lima kali sampai penyebab utama ditemukan. Setiap jawaban akan menjadi dasar untuk pertanyaan berikutnya, hingga tidak ada lagi pertanyaan yang bisa diajukan (Wirawan & Minto, 2021).

2.6 Pengujian

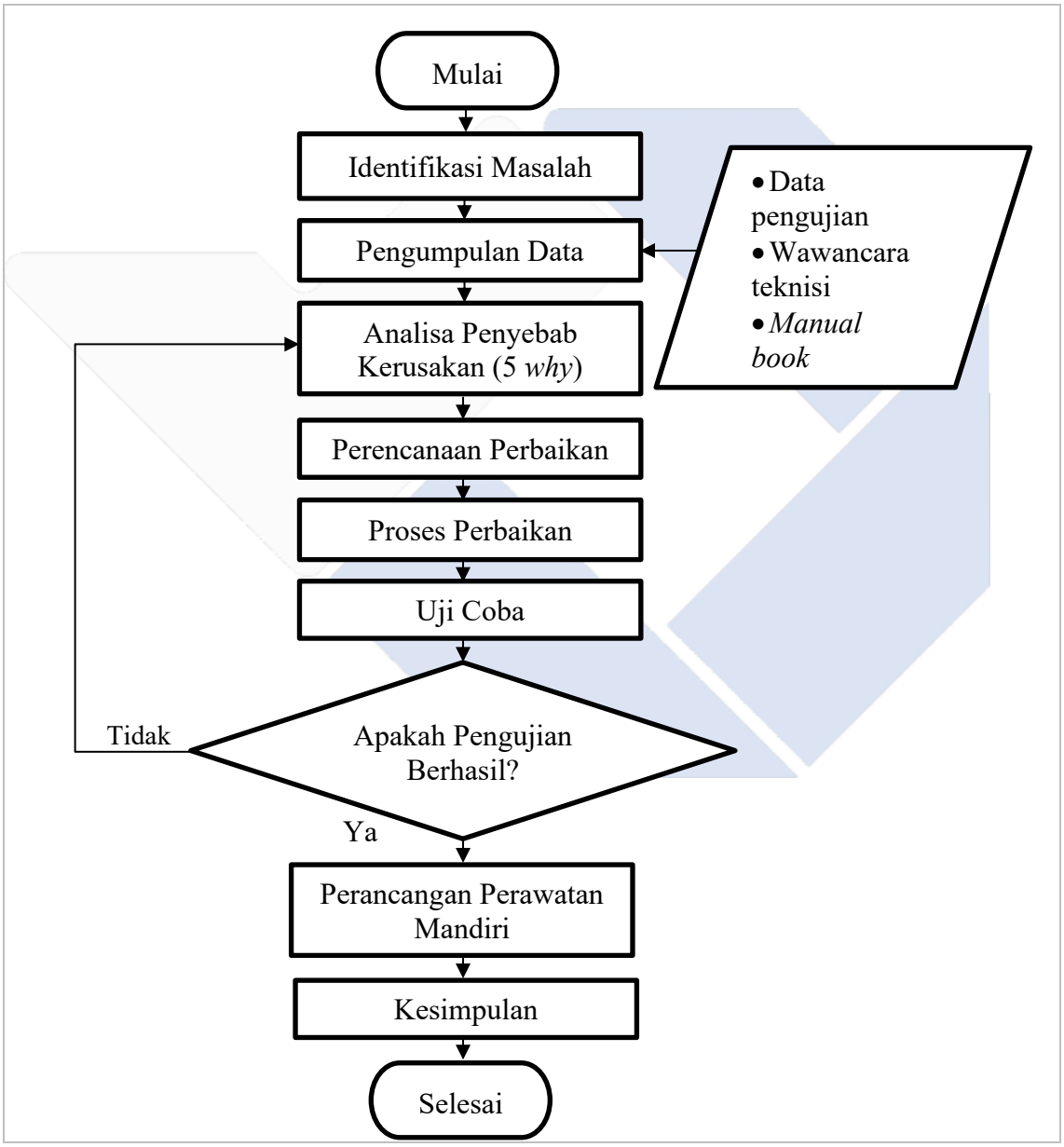
Pengujian ialah langkah untuk mengevaluasi kondisi akhir mesin setelah diperbaiki, dengan tujuan untuk memastikan mesin dapat beroperasi dengan normal. Tahap ini bertujuan untuk menilai sejauh mana keberhasilan proses perbaikan yang telah dilakukan (Nurinda & Fukcan, 2022).

2.6.1 Pengujian fungsi

Pengujian fungsi alat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah alat atau mesin yang telah diperbaiki dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sesuai dengan rancangan awalnya. Pengujian ini memastikan bahwa bagian yang telah diperbaiki bergerak dan berinteraksi sebagaimana mestinya.

BAB III
METODE PELAKSAAN

Pelaksanaan proyek akhir dilakukan dengan berbagai tahapan dan langkah-langkah sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir (*flowchart*) sebagaimana berikut.



Gambar 3. 1 Flowchart

3.1 Identifikasi masalah

Merupakan suatu tindakan untuk mengenali penyebab terjadinya kerusakan pada bagian *head* mesin. Pada tahap awal ini, dilakukan proses inspeksi guna mendeteksi gejala atau indikasi adanya kerusakan dan gangguan pada *head* mesin.

3.2 Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan melalui beberapa metode bertujuan guna mempermudah dalam mendapatkan informasi yang mendukung proses perbaikan pada *head* mesin Frais *Fehlmann Picomax 20*. Adapun metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data meliputi:

1. Pengujian

   Tindakan ini adalah pengujian secara langsung terhadap mesin. Sebagian jenis pengujian yang dilakukan selama tahap pengujian awal seperti, uji visual serta uji fungsi.
2. Wawancara teknisi

   Metode ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan guna melengkapi bahan kajian. Wawancara dilakukan untuk membantu penulis memperoleh data dasar mengenai kondisi mesin, serta melakukan diskusi secara langsung terkait langkah-langkah perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut.

3 Manual Book

Buku panduan berfungsi sebagai referensi utama dalam pengoperasian mesin, serta memuat informasi spesifikasi teknis mesin, komponen pendukung, tata cara pengoperasian mesin, serta nama-nama bagian pada *head*.

3.3 Analisa penyebab kerusakan

Setelah melakukan identifikasi masalah dan pengumpulan data yang relavan, langkah selanjutnya adalah menemukan akar penyebab kerusakan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode 5 *why*.

Analisa 5 *why* merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengidentifikasi akar permasalahan secara mendalam, hingga ditemukan penyebab utamanya. Metode ini dimaksudkan untuk mencegah terulangnya permasalahan serupa di masa datang.

3.4 Perencanaan perbaikan

Merupakan tahapan kegiatan yang dilakukan secara sistematis untuk menentukan langkah perbaikan kerusakan pada *head* mesin. Langkah ini dilakukan setelah proses identifikasi selesai dilakukan dan penyebab kerusakan diketahui. Apabila data hasil analisa telah mendukung untuk dilakukannya tindakan perbaikan, maka proses perbaikan dapat segera dilaksanakan.

3.5 Proses perbaikan

Merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memperbaiki komponen mesin yang rusak. Dalam proses ini, dilakukan sesuai dengan perencanaan perbaikan agar setiap tahapan dapat dikerjakan dengan jelas dan terarah.

3.6 Uji coba

Pengujian bertujuan untuk membuktikan bahwa mesin yang telah mengalami perbaikan dapat kembali berfungsi dengan baik dan normal. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan uji fungsi.

Uji fungsi Adalah untuk memastikan bahwa seluruh fungsi mesin beroperasi dengan baik. Pengujian ini berperan sebagai pengendali dan pengatur untuk mengevaluasi apakah komponen tersebut berfungsi sesuai dengan tujuannya atau masih memerlukan penyesuaian lebih lanjut.

3.7 Perancangan perawatan mandiri

Perancangan perawatan mandiri dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa *head* mesin berfungsi dengan baik dan dapat mencegah kegagalan atau kerusakan

terulang kembali. Dalam perencanaan ini penulis telah merencanakan untuk perawatan mandiri.

3.8 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahapan akhir dalam suatu proses, yang memuat rangkuman dari seluruh informasi dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya. dari kegiatan tersebut sehingga untuk mempermudah penulis mengambil kesimpulan dari kegiatan rekondisi *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20* di Laboratorium Teknik Mesin Polman Babel.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi masalah

Setelah dilakukan identifikasi pada *head* mesin frais *fehlmann picomax 20*. Penulis menemukan masalah kerusakan pada *head* mesin, yaitu *head* mesin tidak bisa digerakkan saat naik turun. Kerusakan ini terdapat pada mekanisme vertikal.

4.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah proses yang dilakukan secara sistematis dan standar untuk mendapatkan informasi relevan. Tujuannya untuk mendapatkan informasi dan mendeteksi jenis kerusakan. Berikut merupakan data yang didapatkan dari berbagai metode tersebut, sebagai berikut:

1. Pengujian awal

Data yang diperoleh:

- *Head* mesin tidak berfungsi

2. Wawancara teknisi

Data yang diperoleh:

- Referensi perbaikan *head* mesin

3. Manual Book

Data yang diperoleh:

- Spesifikasi mesin

Dari ketiga metode diatas didapatkan informasi dan data bahwa bagian *head* mesin frais *fehlmann picomax 20* mengalami masalah. Untuk mencari tahu lebih lanjut, maka dilakukanlah analisa penyebab kerusakan untuk menemukan masalah supaya *head* mesin dapat segera diperbaiki. Adapun Tabel 4.1 spesifikasi

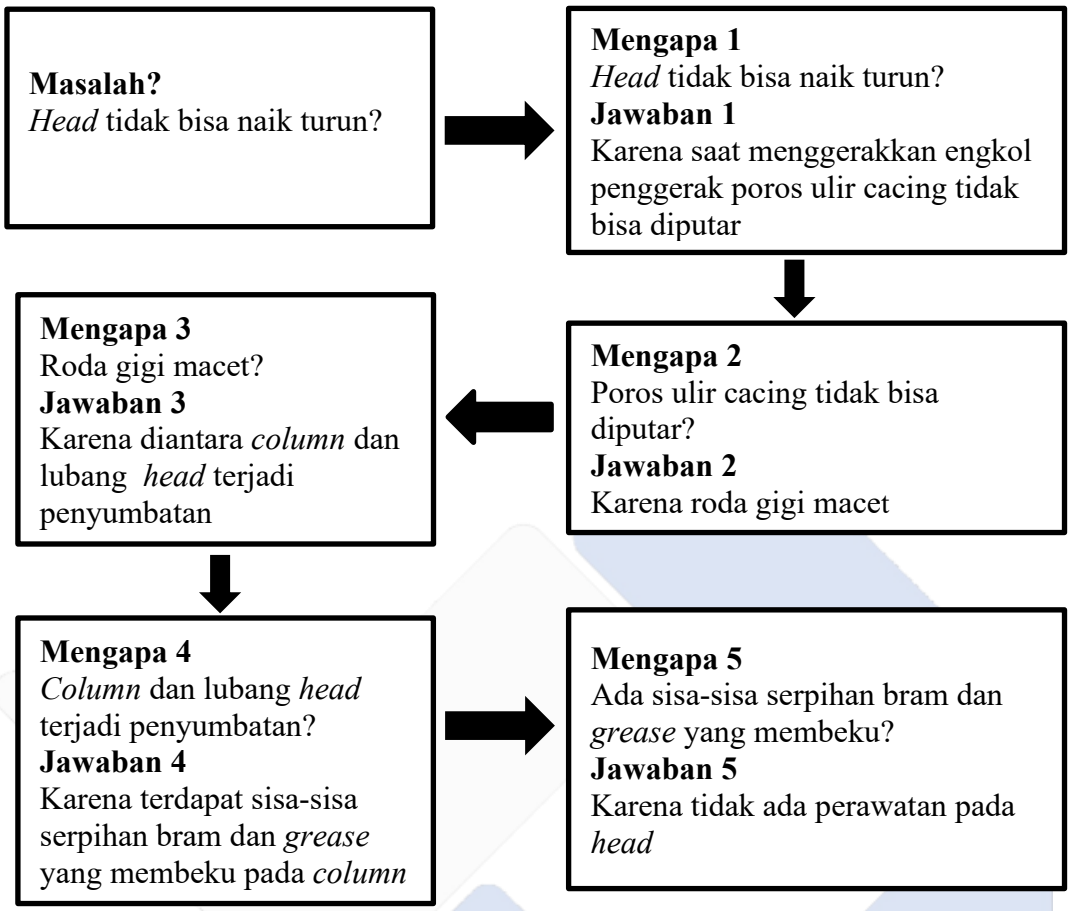
mesin dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4. 1 Spesifikasi mesin

Referensi	Spesifikasi mesin	Dimensi
Manual Book	-Travel	
	X-axis	450 mm / 280 mm / 11.024 inch 17.717 inch
	Y-axis	260 mm / 350 mm / 8.268 inch / 10.236 inch
	Z-axis *(quill stroke)*	110 mm / 4.331 inch
	W-axis *(machine head)*	450 mm
	-Spindle	
	Daya	2.9 kW
	Torsi Maksimum	40 Nm
	Rentang kecepatan	50-6.300 rpm

4.3 Analisa penyebab kerusakan (5 *why*)

Setelah melakukan identifikasi masalah dan mengumpulkan data yang terjadi pada *head* mesin, ditemukan beberapa kerusakan yang perlu ditindaklanjuti dengan melakukan analisa kerusakan untuk mencari tahu akar penyebab terjadinya kerusakan. Dari analisa kerusakan *head* (5 *why*) dibawah cara penanggulangannya yaitu melakukan pembersihan pada ulir cacing, roda gigi, *column* dan melumasi komponen yang sudah dibersihkan dan cara untuk mencegah kerusakan kembali membuat pemeliharaan mandiri. Gambar analisa kerusakan *head* (5 *why*) dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4. 1 Analisa kerusakan *head* (5 *why*)

Berdasarkan 4.1 diatas bahwa untuk pertanyaan mengapa pertama, mengapa *head* tidak naik turun karena saat menggerakkan engkol penggerak poros ulir cacing tidak bisa diputar, mengapa kedua, mengapa poros ulir cacing tidak bisa diputar karena roda gigi macet, mengapa ketiga, mengapa roda gigi macet karena diantara *column* dan lubang *head* terjadi penyumbatan, mengapa keempat, mengapa *column* dan lubang *head* terjadi penyumbatan karena terdapat sisa-sisa serpihan bram dan *grease* yang membeku pada *column*, mengapa kelima, mengapa ada sisa-sisa serpihan bram dan *grease* yang membeku karena tidak ada perawatan pada *head*.

4.4 Perencanaan perbaikan

Dari analisa 5 *why* diatas dapat dilakukan perencanakan perbaikan untuk mengatur proses perbaikan secara terstruktur. Perencanaan perbaikan mencakup

langkah-langkah proses perbaikan yang akan dilakukan, serta menyiapkan alat yang digunakan untuk mempermudah proses perbaikan. Perencanaan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4. 2 Perencanaan perbaikan

NO	Nama Bagian	Permasalahan	Rencanaan Perbaikan	Alat dan Bahan
1.	Roda gigi	Terdapat sisa-sisa serpihan bram dan tidak adanya pelumasan *grease*	Melakukan pembersihan dan melumasi kembali dengan *grease*.	Tang snap ring, magnet bar, kuas, dan *grease*.
2.	Ulir cacing	Terdapat sisa-sisa serpihan bram dan tidak adanya pelumasan *grease*	Melakukan pembersihan dan melumasi kembali dengan *grease*.	Obeng minus, majun, kuas dan *grease*
3.	*Column*	Terdapat sisa-sisa serpihan bram dan adanya pelumasan *grease* yang membeku	Pembongkaran, setelah itu menaikkan *head* terlebih dahulu menggunakan dongkrak dan *crane,* lalu melakukan pembersihan pada *column* dan melumasi kembali dengan *grease*.	Kunci L set, kunci pas/ring, obeng minus/plus, kuas, sikat baja, dongkrak, solar, WD40, dll.
4.	Engkol penggerak	Karena engkol penggerak terlalu kecil sehingga sulit saat diputar	Penambahan pelat panjang dan melakukan proses pembentukan sesuai dengan engkol sebelumnya.	Mesin las, pelat, tang jepit, baut, gerinda tangan, palu, pilok, dll.
5.	Penutup roda gigi	Karena sulit saat membuka penutup roda gigi	Melakukan pengeboran dan ngeTap membuat ulir.	Mesin frais, mata bor, ngTap, baut L.

4.5 Proses perbaikan

Setelah dilakukan identifikasi masalah, analisa dan perencanaan perbaikan. Langkah selanjutnya proses perbaikan dilakukan setelah hasil dari jadwal perencanaan perbaikan yang sudah dibuat sebelumnya. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut:

4.5.1 Proses perbaikan *head*

Dalam proses perbaikan ini, setelah dilakukan identifikasi kerusakan terhadap *head*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan *head* mesin frais *fehlmann picomax 20*. Untuk proses perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4. 3 Proses perbaikan *head*

No	Proses Perbaikan *Head*		
	Tindakan perbaikan	Gambar Proses	Alat yang digunakan
1.	• Membuka snap ring pengunci		Tang snap ring
2.	• Membuka penutup roda gigi		Magnet bar
3.	• Melepaskan roda gigi		Kunci pas/ring dan Baut m6
4.	• Membuka *cover*		Kunci L

5.	• Membuka *Pulley* dan *belt*		Kunci pipa, kunci L, kunci pas/ring.
6.	• Membuka wairing motor		Kunci L, obeng minus, dan tank komplinasi.
7.	• Menurunkan motor dari *head*		Kunci L, *crane*, kunci pas/ring.
8.	• Membuka baut pengunci ulir cacing		Obeng minus
9.	• Melepaskan *bearing*		*Extractor*
10.	• Melepaskan ulir cacing		Palu dan *drift punch*

11.	• Setelah itu menaikkan *head*		Dongrak dan *crane*
12.	• Membuka baut pengunci pegas stabilus lift.o.mat dari dudukannya		Kunci L
13.	• Membersihkan dari sisa-sisa serpihan bram menggunakan kuas dan majun • Melumasi roda gigi dengan *grease*		Kuas, majun dan *grease*
14.	• Membersihkan dari sisa-sisa serpihan bram menggunakan kuas dan majun • Melumasi ulir cacing dengan *grease*		Kuas, majun, dan *grease*

15.	• Membersihkan *column* dengan menyikat *column* dari sisa-sisa serpihan bram dan *grease* yang membeku • Melumasi kembali seluruh bagian *column*	 	Kuas, majun, solar, sikat kawat, WD40, dan melumasi kembali *grease*
16.	• Membersihkan pegas stabilus lift.o.mat • Memeriksa pegas dengan menekan secara berulang menggunakan mesin frais.		Majun dan mesin frais
17.	• Setelah diperbaiki rakit kembali semua komponen		Kunci pas/ring, kunci L set, obeng minus, dongrak, *crane*

4.5.2 Modifikasi engkol penggerak

Engkol penggerak adalah komponen penggerak pada *head* yang berfungsi untuk menurun dan menaikkan dengan diputar secara manual. Modifikasi dengan menambahkan pelat pada engkol penggerak bertujuan untuk memudahkan saat menurunkan dan menaikkan *head*, karena engkol sebelumnya terlalu kecil sehingga sulit saat diputar. Modifikasi ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi kerja, kenyamanan, dan pengaturan pada posisi *head* yang diinginkan saat

penggunaan mesin. Modifikasi engkol penggerak dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini:

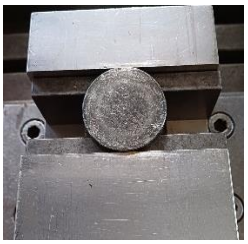
Tabel 4. 4 Modifikasi engkol penggerak

Modifikasi engkol penggerak		
Tindakan perbaikan	Gambar	Alat
• Penambahan pelat panjang, dan proses diawali dengan menggerinda dengan membuat goresan pada pelat • Selanjutnya, pelat dijepit pada ragum dan dibentuk dengan palu agar sesuai dengan bentuk engkol sebelumnya • Setelah pelat terbentuk, bagian yang ada goresan dilakukan proses pengelasan kembali • Lalu dilakukan pengecatan pada engkol dan pelat • Setelah proses selesai, dilakukan perakitan terhadap komponen engkol penggerak.	 	Mesin las, pelat, tang jepit, baut, gerinda tangan, palu, pilok, dll.

4.5.3 Modifikasi alat bantu penutup roda gigi

Modifikasi alat bantu untuk penutup roda gigi adalah dengan menambahkan baut. Bertujuan untuk memudahkan membuka dan menutup roda gigi, sehingga pada saat pengecekan dan melumasi *grease* serta pembersihan roda gigi jadi lebih mudah. Modifikasi penutup roda gigi dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4. 5 Modifikasi penutup roda gigi

Modifikasi penutup roda gigi		
Tindakan perbaikan	Gambar	Alat
• Proses diawali dengan melakukan pengeboran • Selanjutnya, dilakukan proses ngeTap (tapping) untuk membentuk ulir pada lubang hasil pengeboran tersebut.	 	Mesin frais, mata bor, ngeTap, baut L.

4.6 Pengujian

Setelah melaksanakan kegiatan rekondisi *Head* mesin frais *fehlmann picomax 20*, dilakukanlah beberapa uji yang akan dilaksanakan terhadap mesin yang bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kelayakan operasional setelah diperbaiki. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengujian fungsi terhadap *head*.

4.6.1 Pengujian fungsi

Pengujian ini bertujuan untuk milihat apakah *head* mesin masih dapat beroperasi sebagaimana mestinya setelah perbaikan dilakukan. Hasil dari pengujian fungsi pada *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4. 6 Pengujian fungsi

No	Nama Bagian	Standar	Sebelum Perbaikan	Hasil Uji	Keterangan
1	*Head* mesin	*Head* mesin dapat digerakkan saat dinaikkan dan diturunkan menggunakan enggkol penggerak sesuai dengan fungsinya.	Sebelumnya *head* mesin tidak bisa digerakkan baik diturunkan maupun dinaikkan menggunakan engkol penggerak.	Setelah di perbaiki *head* mesin dapat digunakan sesuai fungsinya bisa diturunkan dan dinaikkan menggunakan engkol penggerak.	*Head* berfungsi sesuai dengan standar.

4.7 Perancangan pemeliharaan mandiri

Pemeliharaan mandiri terhadap *head* mesin frais *fehlmann picomax 20* yang dilakukan langsung oleh operator mesin. Bertujuan untuk mencegah terjadinya masalah atau kerusakan yang tidak terduga serta guna meningkatkan performa, memperpanjang umur pakai dan menghindari *downtime*. Kegiatan ini meliputi pemeriksaan secara visual pada area *head* mesin. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan operator sebagai berikut.

1. Melakukan pemeriksaan secara visual terhadap *column*. Pastikan tidak ada sisa-sisa bram atau pelumasan yang membeku. Jika terdapat ada sisa-sisa serpihan bram terhadap area *column*. Gunakan kuas dan majun untuk membersihkan sisa-sisa sepihan bram. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penyumbatan dan dapat mencegah terjadinya kemacetan pada *head*.
2. Melakukan pemeriksaan pada area roda gigi pastikan tidak ada sisa-sisa serpihan bram yang bisa menyebabkan terjadinya kemacetan pada area roda gigi dan periksa pelumasan pada roda gigi.
3. Melakukan pemeriksaan pada ulir cacing apakah ada sisa-sisa serpihan bram dan periksa pelumasan pada ulir cacing.
4. Pemeriksaan pada area meja mesin pastikan tidak ada sisa-sisa serpihan bram

dan dromus.

5. Pemeriksaan terhadap baut dan mur pada bagian *head* seperti baut pada pegas stabilus lift.o.mat, *spindle*, pastikan tidak ada baut dan mur yang longgar.
6. Pemeriksaan pada area mesin atau *head* mesin pastikan tidak ada kebocoran oli.
7. Melakukan gerakkan turun naik *haed* sebelum pemakaian mesin untuk mencegah terjadinya kemacetan pada *head*.
8. Pastikan area mesin bersih tidak ada benda asing yang tidak terpakai karena dapat mengganggu pekerjaan operator.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Rekondisi *head* mesin frais *Fehlmann Picomax 20* yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Polman Babel menunjukkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa 5 *why* akar penyebab masalah diperoleh bahwa perawatan pada *head* mesin tidak ada, sehingga bram menempel pada roda gigi, ulir cacing, serta *column* sehingga *head* tidak bisa naik dan turun. Hal ini dibuktikan terdapat sisa-sisa bram dan *grease* yang membeku.
2. Setelah dilakukan perbaikan, maka *head* mesin dapat naik turun dengan lancar.
3. Merancang perawatan mandiri pada *head* mesin, mencakup kegiatan pembersihan dan pelumasan.

5.2 Saran

Dari seluruh proses rekondisi yang sudah dikerjakan, adapun saran yang dapat dilakukan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, sebagai berikut:

1. Menerapkan perawatan preventif dilaksanakan secara berkala berdasarkan jadwal yang telah rencanakan. Hal ini bertujuan untuk menjaga kinerja mesin dan mencegah kerusakan yang tidak terduga.
2. Pelatihan operator dan teknisi diperlukan pelatihan mengenai pentingnya perawatan secara rutin, standar operasional prosedur, serta dalam menghadapi masalah yang mungkin timbul dimasa datang.

DAFTAR PUSTAKA

Alif & Pratama, Y, 2021, Pentingnya Suku Cadang Dalam Melaksanakan Perawatan dan Perbaikan Mesin Induk di KMN. PUTRA LEO. *Repository Universitas Maritim AMNI (UNIMAR AMNI) Semarang.*

Daryus, A, 2007, *Manajemen Pemeliharaan mesin.* Jakarta: Universitas Darma Persada.

Daryus, A, 2014, Manajemen Perawatan Preventif Menggunakan Metode Kompleksitas Perbaikan. *Rekayasa Teknologi Fakultas Teknik UHAMKA,* pp. 29-33.

Hadistiya, M. & Saipullah, Y, 2022, Rekondisi Mesin Bubut Krisbow BU24 di Laboratorium Pemesinan Dasar Polman Babel. *repository.polman-babel.ac.id.*

Jhoshi, P, 2007, *Machine Tools Handbook.* New York: McGraw – Hill Profesional.

Nurinda, K. & Fukcan, D. W, 2022, Rekondisi dan Pembuatan SOP Perawatan Mesin Frais Lagun Seri 17. *repository.polman-babel.*

Nursanti, d, 2019, *Maintenance Capacity Planning.* Malang: CV. Dream Litera Buana.

Saputra, A. & Welihardo, A, 2024, Penerapan Perawatan Korektif Pada Kasus Kerusakan Slotting Attachment Mesin Frais. *repository.polman-babel.ac.id.*

Suzen, Z. S. & Feriadi, I, 2018, Pembuatan Program Aplikasi Laporan Perawatan Korektif Laboratorium Pemesinan Polman Babel. *Manutech,* pp. 53-57.

Tampubolon, M. P, 2014, Manajemen Operasi Dan Rantai Pemasok. *Mitra Wacana Media. Jakarta.*

Wirawan, E. & Minto, 2021, Penerapan Metode PDCA dan 5 Why Analysis pada WTP Section di PT Kebun Tebu Mas. *Universitas Hasyim Asy'Ari,* pp. 3-5.

Mach4metal.com, (2013), https://mach4metal.com/en/cnc-machining-centers/3-axis/fehlmann-picomax-20.

LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Biodata Pribadi

Nama	: Bindara Muhamad
Jenis kelamin	: Laki-laki
Tempat, tanggal lahir	: Balunijuk, 07 Desember 2002
Agama	: Islam
Kebangsaan	: Indonesia
Status	: Belum Menikah
Tinggi, berat badan	: 163, 48 kg
Alamat	: Desa Balunijuk
Telepon/HP	: 082179003542
Email	: muhamadbinda56@gmail.com

Riwayat Pendidikan

No.	Jenjang Pendidikan	Tahun Lulus
1.	SD 14 Balunijuk	2015
2.	SMP Negeri 2 Merawang	2018
3.	SMA Negeri 1 Merawang	2021

Sungailiat, juli 2025

Bindara Muhamad