

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri pemesinan keberhasilan proses sangat bergantung pada efisiensi dan kualitas hasil akhir. *Coolant* (cairan pendingin) merupakan salah satu komponen vital dalam proses ini. Penggunaan *coolant* bertujuan mengurangi panas dan gesekan selama proses pemesinan, sehingga memperpanjang umur pahat, meningkatkan kepresisian dimensi, dan mengoptimalkan kualitas permukaan benda [1]. Namun, penggunaan coolant berbasis minyak yang masih dominan dalam industri pemesinan saat ini menghadapi sejumlah tantangan serius. Salah satu kendala utama adalah biaya operasional yang tinggi, di mana coolant berbasis minyak menyumbang sekitar 30–45% dari total biaya pemesinan. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan penggantian secara berkala dan sistem pengelolaan yang relatif kompleks [2]. Selain itu, terdapat dampak kesehatan bagi operator, karena paparan jangka panjang terhadap cairan pendingin berbasis minyak dapat menyebabkan iritasi kulit dan gangguan pernapasan [3]. Dari sisi lingkungan, pengelolaan limbah coolant juga menjadi masalah, karena limbah tersebut sulit terurai secara alami dan memerlukan proses pengolahan khusus yang rumit dan mahal [4]. Jika tidak ditangani dengan benar, pencemaran lingkungan juga dapat terjadi, di mana limbah coolant dapat mencemari air tanah serta merusak ekosistem sekitar [5].

Penelitian saat ini menunjukkan bahwa Cairan pendingin berbasis air (*water based coolant*, WBC) dapat menjadi alternatif yang menjanjikan. *Water based coolant* (WBC) dapat meningkatkan efisiensi pendinginan hingga 40% dibanding *coolant* konvensional [6]. Namun, penggunaan *water base coolant* masih menghadapi kendala dalam hal stabilitas pada temperatur tinggi, kemampuan pelumasan yang terbatas, dan korosi pada material benda kerja [7]. Keterbatasan ini menjadi tantangan utama dalam pemanfaatan WBC secara luas di industri manufaktur. Seiring dengan Perkembangan nanoteknologi, khususnya *MXene* sebagai material 2D membuka peluang baru dalam peningkatan performa dari *coolant*. Penelitian oleh Liu et al menunjukkan *MXene* memiliki konduktivitas

termal tiga kali lebih tinggi dari graphene, sifat pelumasan yang superior dengan koefisien gesek 0,1, dan stabilitas termal hingga 800°C [8]. Dengan karakteristik tersebut, *MXene* sangat potensial untuk dijadikan sebagai aditif dalam *water based coolant (WBC)*. Penambahannya diharapkan mampu mengatasi kelemahan WBC secara signifikan, baik dari sisi efisiensi termal, pelumasan, maupun perlindungan terhadap korosi. Oleh karena itu, pemanfaatan *MXene* dalam formulasi *water based coolant* menjadi pendekatan inovatif dan strategis dalam upaya meningkatkan performa pemotongan sekaligus mendukung keberlanjutan industri manufaktur yang lebih ramah lingkungan.

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah aditif penting dalam formulasi *water based coolant* untuk meningkatkan performa pendinginan dan pelumasan. CMC berfungsi sebagai *thickening agent* atau agen pengental yang meningkatkan viskositas larutan, sehingga coolant tidak terlalu encer dan dapat memberikan perlindungan optimal terhadap gesekan. Sebagai polimer hidrofilik, CMC mampu menyerap dan mengikat air melalui ikatan hidrogen, menciptakan jaringan yang memperkuat viskositas cairan. Dalam studi yang dilakukan Gasni et al ditemukan bahwa kombinasi antara *MXene* 0,35 wt% dan CMC 0,35 wt% dalam cairan pendingin berbasis air mampu meningkatkan viskositas hingga 46% dan konduktivitas termal hingga 52% [9]. Kombinasi ini juga menunjukkan kemampuan membentuk lapisan pelumas yang lebih tebal dan stabil. Tetapi masalah yang timbul setelah penyimpanan dalam waktu yang lama terbentuknya pengumpalan (*agglomeration*) dari *MXene* sehingga perlu ditambahkan surfaktan.

Sementara itu, Span 60, yang merupakan surfaktan non-ionik hasil esterifikasi sorbitol dengan asam stearat, berfungsi sebagai *emulsifier* dan *stabilizer*. Peran utamanya adalah membantu mencampurkan air dengan aditif lain dalam *coolant*, mencegah pemisahan fase, serta mengurangi tegangan permukaan agar distribusi cairan lebih merata pada permukaan benda kerja. Studi menemukan bahwa penggunaan Span 60 dalam pelumas spindle memungkinkan distribusi partikel *nano zinc borate* secara lebih homogen, mencegah pengumpalan, dan meningkatkan stabilitas campuran. Selain itu, Span 60 juga berkontribusi pada pengurangan diameter bekas keausan hingga 61,8%, yang menunjukkan peningkatan efisiensi pelumasan [10]. Salah satu solusi yang terbukti efektif adalah penggunaan

surfaktan non-ionik. Dalam penelitian diketahui bahwa penambahan Span 60 sebesar 0,7 wt% dapat secara signifikan meningkatkan kestabilan dispersi partikel nano dalam WBC [8]. Surfaktan ini mampu mencegah penggumpalan selama penyimpanan hingga 14 hari, tanpa mengganggu viskositas atau performa tribologis dari cairan pendingin tersebut.

Penelitian menyoroti penggunaan pelumas berbasis air yang ditambahkan *MXene* dalam proses pemesinan, khususnya pada CNC turning. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa penambahan *MXene* dapat mengurangi temperatur dan gesekan selama pemesinan, yang berdampak positif pada kualitas permukaan benda kerja dan mengurangi keausan alat potong [6]. Meskipun penelitian ini berfokus pada CNC turning, prinsip serupa berpotensi diterapkan pada mesin bubut konvensional. Dalam konteks mesin bubut konvensional, beberapa penelitian telah mengeksplorasi pengaruh berbagai jenis pelumas dan pendingin terhadap hasil pemesinan. Penggunaan grease dengan aplikator khusus untuk mengurangi suhu pemotongan pada proses membubut. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan grease dapat menurunkan suhu pemotongan, yang berimplikasi pada pengurangan keausan alat potong dan peningkatan kualitas permukaan benda kerja [11]. Selain itu, mengevaluasi pemanfaatan minyak biji jarak sebagai cairan pendingin pada mesin bubut terhadap kekasaran permukaan Aluminium 6061. Studi oleh Ifan Imbang menemukan bahwa variasi campuran minyak biji jarak dan air sebagai cairan pendingin mempengaruhi kualitas permukaan dan kekerasan material yang dikerjakan [11]. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemilihan dan komposisi pelumas atau pendingin memainkan peran penting dalam proses membubut.

Meskipun belum ada penelitian yang secara spesifik mengkaji penambahan *MXene* dalam pelumas berbasis air untuk mesin bubut konvensional, temuan dari studi-studi di atas menunjukkan bahwa modifikasi pelumas atau pendingin dapat mempengaruhi hasil pemesinan. Berdasarkan hasil-hasil beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi *MXene* 0,35 wt%, CMC 0,35 wt%, dan Span 60 0,7 wt% merupakan kombinasi optimum yang telah terbukti secara empiris dapat meningkatkan performa WBC dari sisi pendinginan, pelumasan, dan kestabilan jangka panjang. Kombinasi ini dijadikan sebagai dasar penetapan batasan

konsentrasi aditif dalam penelitian ini, serta menjadi pijakan penting dalam menyusun metodologi eksperimen untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat dalam proses membubut.

Seiring dengan ditetapkannya kombinasi optimum tersebut, diperlukan pembuktian lebih lanjut terkait efektivitasnya dalam aplikasi nyata, khususnya pada proses pemesinan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk membandingkan performa *coolant* berbasis air yang telah ditambahkan MXene, CMC, dan Span 60 dengan *coolant* komersial (Dromus), terutama dari segi kemampuan menurunkan kekasaran permukaan dan mengurangi keausan pahat.

1.2 Rumusan Masalah.

Bagaimana performa penambahan MXene + CMC+ SP 60 dalam *water based Coolant* terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat pada proses membubut dibandingkan dengan menggunakan *coolant* dromus?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan efektivitas penggunaan *water based Coolant* dengan penambahan MXene, CMC, SP 60 dalam mengurangi keausan pahat dan kekasaran permukaan dibandingkan dengan menggunakan *coolant* konvensional (dromus) pada proses membubut.

1.4 Batasan Masalah

1. Material benda kerja dibatasi pada baja karbon rendah dan pahat Karbida berlapis.
2. Konsentrasi cairan dijaga tetap pada MXene (0,35 wt%) , CMC (0,35 wt%), dan SP 60 (0,7 wt%).
3. Parameter pemesinan ditetapkan konstan.
4. Pengujian dilakukan dengan dua kondisi pendinginan dan debit yang ditentukan:
 - Menggunakan *water base coolant* aditif dengan sistem MQL dengan debit 475 mili liter/jam
 - Menggunakan *coolant* konvensional (dromus) dengan debit 350 liter/jam
5. Evaluasi performa dibatasi pada kekasaran permukaan (Ra) dan keausan pahat

(VB).

6. Analisis dampak lingkungan tidak termasuk dalam lingkup penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui potensi penggunaan *water based Coolant* dengan penambahan MXene, CMC, SP 60 terhadap kekasaran permukaan benda kerja dan mengurangi keausan pahat karbida berlapis dibandingkan dengan menggunakan *coolant* Dromus

1.6 Sistematika Penulisan

Pada laporan penelitian ini terdiri dari 5 Bab. Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan penelitian. Bab 2 menjelaskan tentang dasar-dasar teori serta penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tugas akhir. Bab 3 menjelaskan tentang metodologi penelitian yang berisi metode penelitian, alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian serta tahapan prosedur dalam penelitian. Bab 4 hasil dan pembahasan menjelaskan tentang data, analisa dan pembahasan dari penelitian serta capaian yang didapat setelah pengujian dilaksanakan. Bab 5 penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran yang ingin disampaikan dari penelitian yang dilakukan.