

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi berlangsung sangat pesat dan dinamis dalam kehidupan masyarakat modern sehingga mendorong peningkatan penggunaan berbagai jenis mesin yaitu mesin produksi untuk menghasilkan produk berkualitas. Kontak gesek antara pahat dan benda kerja selama proses pemesinan mengakibatkan fenomena keausan pahat mutlak terjadi. Gesekan berlebihan dapat meningkatkan konsumsi energi, menaikkan suhu operasi, serta mempercepat keausan pahat sehingga kualitas produk menurun. Menurut Holmberg dan Andersson, gesekan dan keausan pada sistem mekanis dapat menurunkan efisiensi sistem sekaligus meningkatkan biaya operasional [1]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pelumas digunakan sebagai media pengurang gesekan. Fungsi utama pelumas meliputi meminimalkan kontak langsung antarpemukaan, mengurangi keausan, menurunkan suhu akibat gesekan, serta meningkatkan efisiensi kerja mesin. Seiring pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya aktivitas industri, permintaan pelumas terus bertambah setiap tahun. Kondisi ini menyebabkan konsumsi pelumas berbasis minyak mineral maupun sintetis meningkat dalam jumlah sangat besar [2].

Namun, penggunaan pelumas berbasis minyak mineral memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah pelumas sulit terurai, bersifat toksik, serta berpotensi mencemari udara, air, dan tanah. Pembuangan pelumas bekas secara sembarangan dapat menyebabkan akumulasi limbah di perairan, meresap ke dalam sumur, serta mencemari lahan pertanian sehingga menciptakan kondisi lingkungan tidak sehat bagi makhluk hidup [3]. Permasalahan tersebut mendorong pengembangan alternatif pelumas ramah lingkungan dan mudah terdegradasi secara hayati. Salah satu alternatif potensial ialah pelumas berbasis air (*Water-Based Lubricants*, WBL). Dibandingkan pelumas berbasis minyak, WBL memiliki tingkat toksisitas lebih rendah, lebih mudah terurai secara hayati, serta memberikan dampak pencemaran

lingkungan lebih kecil. Meskipun demikian, WBL masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti kemampuan pelumasan relatif rendah, laju penguapan tinggi, serta kecenderungan menyebabkan korosi pada material logam. Oleh karena itu, upaya peningkatan performa WBL diperlukan, salah satunya melalui penambahan aditif.

Berbagai penelitian melaporkan bahwa performa pelumas berbasis air (*Water-Based Lubricants*, WBL) dapat ditingkatkan melalui penambahan aditif berukuran nano [4]. Beragam material karbon, seperti grafit, graphene, fullerene, serta *carbon nanotubes* (CNTs) telah banyak dimanfaatkan sebagai aditif karena mampu meningkatkan kemampuan pelumas dalam menekan gesekan dan mengurangi keausan. Peningkatan performa tersebut dipengaruhi oleh karakteristik khas CNTs, antara lain kekuatan mekanik tinggi, konduktivitas termal baik, serta struktur berbentuk tabung nano memungkinkan partikel berfungsi sebagai *rolling element* di antara permukaan saling bergesekan.

Kemajuan nanoteknologi telah membuka peluang pemanfaatan berbagai jenis nanomaterial sebagai aditif pelumas untuk meningkatkan kinerja tribologi. Salah satu nanomaterial banyak diteliti adalah Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs), karena terbukti mampu meningkatkan kemampuan pelumasan pada pelumas berbasis minyak melalui penurunan koefisien gesek dan laju keausan [5]. Kinerja tersebut dipengaruhi oleh kemampuan MWCNTs membentuk lapisan pelindung (*tribofilm*), memperbaiki ketidakteraturan permukaan kontak melalui mekanisme *mending effect*, serta menghasilkan efek *rolling* mengurangi kontak langsung antarpermukaan. Dibalik keunggulan tersebut, penerapan MWCNTs masih menghadapi tantangan berupa kecenderungan partikel untuk beraglomerasi akibat gaya van der Waals kuat, sehingga dispersi dalam pelumas menjadi kurang stabil.

Salah satu metode alternatif peningkatan stabilitas dispersi MWCNTs melibatkan pemanfaatan aditif *Carboxymethyl Cellulose* (CMC). CMC merupakan polimer larut dalam air dan banyak dimanfaatkan sebagai *thickener*, *binder*, maupun *stabilizer* karena mampu meningkatkan viskositas serta menjaga kestabilan suspensi partikel. Dalam pelumas berbasis air, peningkatan viskositas tersebut membantu

mempertahankan MWCNTs tetap terdispersi secara homogen sehingga mengurangi pengendapan akibat aglomerasi. Selain itu, CMC juga berkontribusi dalam pembentukan lapisan pelumas lebih stabil, sehingga kontak langsung antarpermukaan dapat diminimalkan dan performa tribologi berpotensi meningkat [6].

Selain nanoaditif, *ionic liquid* (IL) turut dikembangkan secara luas sebagai aditif pelumas berkat kepemilikan karakteristik penunjang performa tribologi. Berbagai penelitian melaporkan, IL mampu menurunkan koefisien gesek dan meningkatkan ketahanan aus melalui pembentukan lapisan pelindung (*tribofilm*) pada permukaan logam. Di samping itu, IL memiliki stabilitas termal baik, konduktivitas ionik tinggi, serta tekanan uap sangat rendah sehingga sesuai untuk diaplikasikan pada sistem pelumasan. Penelitian R. A. El-Nagar dkk [7]. juga menunjukkan bahwa IL dapat berperan sebagai inhibitor korosi dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam mampu menghambat laju reaksi korosi. Berdasarkan karakteristik tersebut, kombinasi *Multi-Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs), *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), dan *Ionic liquid* diperkirakan dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan sifat tribologi sekaligus ketahanan korosi pada pelumas berbasis air (*water-based lubricant*).

Pada studi ini, *Multi-Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs), *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), dan *Ionic Liquid* (IL) digunakan sebagai aditif pada pelumas berbasis air untuk mengevaluasi pengaruh penambahannya terhadap sifat tribologi pelumas. Pengujian dilakukan menggunakan tribometer tipe *pin-on-disc* dengan variasi kecepatan putar sebesar 557 rpm dan 2886 rpm serta beban normal 25 N.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid* pada *Water Based Lubricant* terhadap nilai koefisien gesek dihasilkan pada pengujian menggunakan alat *pin on disc*?

2. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid* pada *Water Based Lubricant* terhadap laju keausan terjadi pada pengujian menggunakan alat *pin on disc*?
3. Bagaimana perbandingan kinerja pelumas berbahan dasar air tanpa aditif dengan pelumas air ditambahkan zat aditif MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid* ditinjau dari nilai laju keausan dan koefien gesek pada pengujian *pin on disc*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui efek penambahan MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid* kedalam pelumas berbasis air terhadap sifat koefisien gesek.
2. Mengetahui efek penambahan MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid* kedalam pelumas berbasis air terhadap laju keausan.
3. Membandingkan kinerja tribologi pelumas berbasis air dengan penambahan MWCNTs, CMC, dan *Ionic Liquid*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diproyeksikan memberikan kontribusi penting berupa penyediaan basis data karakteristik tribologi, khususnya nilai koefisien gesek dan laju keausan, dari sistem pelumas berbasis air diperkaya dengan *ionic liquid*, *Multi-Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs), dan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC). Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai panduan dalam merancang pelumas ramah lingkungan berkinerja tinggi. Di samping itu, studi ini diharapkan memicu riset lanjutan guna memformulasi pelumas alternatif dengan kontribusi nyata bagi efisiensi konsumsi energi serta keberlanjutan lingkungan masa depan.

1.5 Batasan Masalah

1. Partikel *Multi-Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs) diasumsikan seragam.
2. Pengujian dilakukan pada temperatur lingkungan konstan sebesar 27 °C.

3. Tingkat kekasaran permukaan spesimen *pin* dan *disc* diasumsikan sama.
4. Viskositas pelumas dianggap konstan selama temperatur pengujian berlangsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini disusun dalam lima bab. Bab I Pendahuluan memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka membahas berbagai teori dan referensi yang menjadi landasan dalam pelaksanaan penelitian. Bab III Metode Penelitian menguraikan metode penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta tahapan dan prosedur pelaksanaan penelitian. Bab IV Hasil dan Pembahasan menyajikan serta menganalisis hasil pengujian meliputi koefisien gesek, laju keausan, scar diameter pin, scar width disk, dan scar depth disk. Bab V Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

