

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses permesinan logam pada dasarnya selalu berkaitan dengan penggunaan mata pahat potong. Karakteristik material pahat dan bentuk geometrinya akan menentukan batasan maupun rekomendasi parameter pemotongan yang dapat diterapkan. Di sisi lain, pemilihan parameter pemotongan menjadi aspek penting karena berpengaruh langsung terhadap kualitas permukaan benda kerja, umur pahat, lama waktu proses, serta besarnya gaya dan daya pemotongan. Secara umum, permesinan merupakan proses membentuk benda kerja menjadi produk dengan ukuran, bentuk, dan kualitas permukaan sesuai target, melalui beberapa metode seperti bubut, sekrup, *milling*, gerinda, dan *drilling*. Seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, tuntutan kualitas hasil produksi juga meningkat, terutama pada proses yang memanfaatkan mesin perkakas (misalnya bubut, skrap, frais, dan bor). Kehadiran mesin-mesin produksi membuat pembuatan maupun perbaikan komponen menjadi lebih mudah, lebih efisien, dan mampu mencapai ketelitian tinggi. Karena itu, dalam industri manufaktur, mesin perkakas memiliki peran penting untuk menunjang keberhasilan proses produksi di berbagai bengkel konstruksi maupun bengkel pengerjaan logam (Aminy & Aji, 2022).

Mesin bubut (*turning machine*) termasuk mesin perkakas yang bekerja dengan memutar benda kerja, sementara pahat digunakan untuk menyayat material agar terbentuk geometri yang diinginkan. Istilah “konvensional” umumnya dipakai untuk membedakannya dari mesin yang dikendalikan sistem numerik atau komputer (NC/CNC), serta menegaskan bahwa keterampilan operator berpengaruh besar pada proses. Pada praktik pembubutan, kekasaran permukaan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kecepatan potong, pemakanan, kondisi mesin, karakteristik bahan benda kerja, bentuk ujung pahat, penggunaan pendingin (*cutting fluid*), dan kompetensi operator. Dalam bidang pemesinan, *cutting fluid* berbasis minyak mineral (*straight oil*) cukup umum digunakan, namun biayanya cenderung meningkat seiring berkurangnya ketersediaan bahan baku. Di industri otomotif, cairan pendingin kimia masih banyak dipakai, meskipun berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan risiko kesehatan bagi operator misalnya bau menyengat yang dapat mengganggu sistem pernapasan. Sebagai alternatif, pengembangan minyak nabati sebagai *bio lubricant/coolant* dipandang menjanjikan karena relatif lebih ramah lingkungan dan berpotensi lebih ekonomis. Bahan nabati dapat berasal dari berbagai minyak, seperti kedelai, sawit, jagung, zaitun, biji anggur, biji bunga matahari, kelapa, maupun canola. Dibandingkan

minyak mineral, minyak nabati bersifat terbarukan karena berasal dari tumbuhan sehingga ketersediaannya lebih berkelanjutan. Selain itu, tingkat pencemaran yang ditimbulkan umumnya lebih rendah dibandingkan bahan berbasis minyak bumi (Radyo Utomo, 2022).

Pada proses pembubutan, *coolant* berfungsi membantu menurunkan temperatur saat pemotongan, mengurangi keausan pahat, meningkatkan kualitas permukaan, memperpanjang umur pahat, dan membantu membawa/ membersihkan geram yang dapat mengganggu hasil pemesinan. Berdasarkan bahan dasar, *coolant* dapat dikelompokkan menjadi berbasis minyak nabati dan berbasis kimia. Di Indonesia, *coolant* kimia seperti *dromus* masih sering digunakan dan diproduksi oleh berbagai merek, namun karena berbahan mineral yang tidak terbarukan, penggunaannya dapat memunculkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan (misalnya iritasi kulit dan gangguan pernapasan). Karena itu, bio oil dari minyak nabati mulai dikembangkan sebagai opsi yang lebih aman secara ekologis: mudah terurai, tidak beracun, dan cenderung tidak mencemari lingkungan, sekaligus tetap memberi efek pendinginan serta pelumasan yang memadai. Sejumlah temuan juga melaporkan bahwa *coolant* berbasis minyak nabati dapat meningkatkan kehalusan permukaan dan menurunkan keausan pahat; misalnya dilaporkan penurunan kekasaran permukaan hingga sekitar 30% dibanding *coolant* kimia, serta pada pengujian campuran minyak kelapa dan canola terhadap aluminium 6061 diperoleh peningkatan kualitas kekasaran permukaan hingga 18,6% (Irawan, Nurhadi & Fendy Kussuma H. S, 2025).

Selain meningkatkan produktivitas proses pemesinan, penelitian ini juga diarahkan untuk memperoleh kondisi pemotongan yang mampu menghasilkan kualitas proses yang baik sehingga sesuai untuk pembuatan komponen berbahan Aluminium 6061, seperti lengan robotika. Respon yang diharapkan pada penelitian ini adalah diperolehnya nilai *Material Removal Rate* (MRR) yang tinggi untuk meningkatkan efisiensi proses pemesinan, temperatur pemesinan yang relatif rendah untuk mengurangi pembentukan panas yang dapat mempercepat keausan pahat dan memengaruhi kualitas permukaan benda kerja, serta karakteristik geram yang mudah dikendalikan agar proses pemotongan berlangsung aman dan stabil. Geram yang terlalu panjang atau terlilit berpotensi mengganggu kontinuitas proses pemesinan, merusak permukaan benda kerja, bahkan meningkatkan risiko kerusakan pahat maupun penghentian proses produksi.

Pemilihan respon tersebut menjadi penting karena komponen lengan robotika umumnya memiliki dimensi dan toleransi yang relatif ketat serta membutuhkan ketelitian geometrik agar mampu menghasilkan gerakan yang presisi. Aluminium 6061 banyak digunakan pada aplikasi robotika karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik, ketahanan korosi

yang tinggi, serta mudah dikerjakan melalui proses pemesinan. Oleh karena itu, kombinasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) diharapkan dapat menghasilkan kondisi pemesinan yang lebih produktif melalui peningkatan MRR tanpa mengabaikan pengendalian temperatur dan karakteristik geram, sehingga proses manufaktur komponen lengan robotika dapat berlangsung secara lebih efisien, stabil, dan menghasilkan kualitas produk yang baik.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai pengaruh variasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) terhadap *Material Removal Rate* (MRR), temperatur pemesinan, dan karakteristik geram pada proses pembubutan Aluminium 6061 perlu dilakukan untuk memperoleh kondisi pemotongan yang produktif, memiliki kondisi termal yang baik, serta menghasilkan geram yang mudah dikendalikan sehingga dapat mendukung proses manufaktur komponen presisi, termasuk komponen lengan robotika.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada *dromus* terhadap laju pelepasan material (MRR), bentuk geram, dan temperatur pemesinan pada sistem MQL *dromus*?
2. Bagaimana interaksi antara *depth of cut* dan komposisi campuran minyak sawit pada *dromus* terhadap perubahan MRR, bentuk geram, dan temperatur pemesinan?
3. Bagaimana kontribusi masing-masing faktor, yaitu *depth of cut* dan komposisi campuran minyak sawit, terhadap respon MRR, bentuk geram, dan temperatur pemesinan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada *dromus* terhadap MRR, bentuk geram, dan temperatur pemesinan pada sistem MQL *dromus*.
2. Mengetahui pengaruh interaksi antara *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada *dromus* terhadap perubahan MRR, bentuk geram, dan temperatur pemesinan.
3. Mengetahui besarnya kontribusi faktor *depth of cut* dan campuran minyak sawit terhadap respon penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari hasil penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Menambah referensi ilmiah mengenai pengaruh parameter pemotongan dan *coolant* berbasis minyak nabati pada proses pembubutan Aluminium 6061.
2. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem MQL, *green machining*, dan analisis DOE faktorial pada proses pemesinan.
3. Memberikan data empiris mengenai hubungan *depth of cut* dan campuran *coolant* terhadap MRR, bentuk geram, dan temperatur pemesinan.
4. Memberikan informasi kepada industri atau bengkel mengenai penggunaan campuran minyak sawit pada *dromus* sebagai alternatif *coolant* yang lebih ramah lingkungan.
5. Menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan parameter pemotongan yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi proses pembubutan Aluminium 6061.
6. Membantu operator atau praktisi dalam memahami pengaruh *depth of cut* dan *coolant* terhadap kestabilan geram, temperatur, dan produktivitas proses.
7. Mendukung penerapan konsep *green manufacturing* melalui pengurangan penggunaan *coolant* berbasis mineral secara penuh dengan memanfaatkan minyak sawit sebagai campuran pelumas nabati.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang mencakup dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada proses pembubutan (*turning*) menggunakan mesin CNC turning.
2. Material benda kerja yang digunakan adalah Aluminium 6061.
3. Sistem pendinginan yang digunakan adalah *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) dengan media *dromus* yang dicampur minyak sawit.
4. Variabel kontrol seperti *cutting speed*, *feed rate*, jenis pahat, tekanan udara MQL, dan posisi *nozzle* dijaga tetap/konstan selama penelitian.
5. Penelitian tidak membahas umur pahat, kekasaran permukaan, konsumsi energi, maupun analisis biaya produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini dilakukan secara sistematis yang terdiri dari beberapa bab. Berikut merupakan sistematika penulisan pada skripsi kali ini.

1. BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang pentingnya studi pengaruh *depth of cut* dan campuran minyak nabati pada sistem *dromus* dalam proses pembubutan (*turning*) aluminium, khususnya terhadap *Material Removal Rate* (MRR), bentuk geram (*chip*), dan temperatur pemesinan. Bab ini juga memuat perumusan masalah, tujuan penelitian,

manfaat penelitian, serta batasan masalah (misalnya rentang *depth of cut*, komposisi campuran minyak nabati, parameter pemotongan yang dikendalikan, dan tipe pahat/material uji). Di bagian akhir, disajikan sistematika penulisan sebagai panduan alur laporan keseluruhan.

2. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan kajian teori dan penelitian terdahulu yang relevan, meliputi dasar-dasar proses pembubutan aluminium, mekanika pemotongan (peran *depth of cut/rake clearance*), morfologi/bentuk geram, serta fenomena panas dan temperatur pada zona potong. Selanjutnya dipaparkan konsep MQL dengan media minyak nabati, karakteristik campuran (*blend*) minyak nabati yang memengaruhi pelumasan dan pendinginan, serta sistem *dromus* dan parameter operasionalnya (debit, arah/sudut penyemprotan, tekanan). Bab ini diakhiri dengan ringkasan penelitian terdahulu, kesenjangan penelitian (*research gap*), kerangka berpikir/konseptual, dan (bila diperlukan) hipotesis penelitian.

3. BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan rancangan penelitian eksperimental untuk mengevaluasi variasi *depth of cut* dan komposisi campuran minyak nabati pada pembubutan aluminium dengan MQL *dromus*. Uraian mencakup: variabel penelitian (bebas, terikat, terkendali), faktor level uji *depth of cut* (1 mm, 1,5 mm, 2 mm) dan rasio minyak nabati (minyak sawit 50 % + *dromus* 50 %), (minyak sawit 65 % + *dromus* 35 %), (minyak sawit 80 % + *dromus* 20 %), material uji (Aluminium 6061), alat dan instrumen (mesin bubut, sistem *dromus*, pengamatan bentuk geram, dan sensor temperatur/IR), prosedur pengujian (tahapan set-up, kalibrasi, pengambilan data), serta rencana analisis data (ANOVA/General Linier Model). Bagian akhir memuat diagram alir penelitian, jadwal kegiatan, dan rencana pengendalian mutu/K3L yang relevan dengan penggunaan fluida berbasis minyak nabati.

4. BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan secara sistematis data hasil pengujian yang diperoleh dari proses *general purpose machining* pada material Aluminium 6061 menggunakan sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) dengan variasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada *dromus*. Data yang disajikan meliputi *Material Removal Rate* (MRR), temperatur pemesinan, dan bentuk geram pada setiap kombinasi perlakuan. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan metode *Design of Experiments* (DOE) dengan *General Linear Model* (GLM) dan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor maupun interaksi antar faktor terhadap variabel respon. Hasil

analisis kemudian dibahas dengan mengacu pada teori dan penelitian terdahulu untuk menjelaskan hubungan antara parameter pemotongan dengan karakteristik hasil pemesinan.

5. BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi *depth of cut* dan campuran minyak sawit pada *dromus* terhadap *Material Removal Rate* (MRR), temperatur pemesinan, dan bentuk geram pada proses *general purpose machining* Aluminium 6061 menggunakan sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL). Selain itu, bab ini memuat saran yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam pengembangan parameter pemotongan, komposisi fluida MQL, serta penerapan proses *grooving* untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pemesinan.