

Pembuatan Instalasi Sistem Pendingin Ramah Lingkungan Pada Sebuah Bengkel Pemmesinan

P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi^{*1}, Deny Bayu Saefudin², V. Santi Paramita³

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani

³Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Jenderal Achmad Yani

*e-mail: wibowo.ndaruhadi@lecture.unjani.ac.id¹, deny.bayusaefudin@lecture.unjani.ac.id²,
veronika.santi@lecture.unjani.ac.id³

Abstract

The Covid-19 pandemic has a huge impact on various aspects of life, including the economic aspect. Various types of businesses and industries, especially those on a micro and small scales, must have strategies to reduce operating costs in order to be able to survive during the adaptation period of new habits due to the pandemic. It is important to improve operational factors of production. Bengkel Kembang Sore is one of the small machining workshops in Cimahi that has such improvement. Through the Program Kemitraan Masyarakat (PKM) 2021, the improvement occurs in the cooling system used in the machining process operations. This paper discusses environmentally friendly cooling installation that will replace conventional systems that use a lot of cutting fluid to a near dry system. Improvement of the system offers techno-economic benefits and is healthier and environmentally friendly. Lower production costs without compromising the performance of the machining process and product quality, as well as making the work environment healthier and as a sense of care for the environment.

Keywords: cooling system, machining, environmentally friendly.

Abstrak

Pandemi Covid-19 berdampak besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk aspek ekonomi. Berbagai jenis usaha dan industri, khususnya yang berskala mikro dan kecil harus berstrategi menekan biaya operasional agar mampu bertahan di masa adaptasi kebiasaan baru akibat pandemi. Hal ini penting untuk meningkatkan faktor-faktor operasional produksi. Bengkel Kembang Sore merupakan salah satu bengkel permesinan kecil di Cimahi yang mengalami peningkatan tersebut. Melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) 2021, perbaikan terjadi pada sistem pendingin yang digunakan dalam operasi proses pemmesinan. Makalah ini membahas tentang pembuatan instalasi pendingin ramah lingkungan yang akan menggantikan sistem konvensional yang banyak menggunakan cairan pemotongan menjadi sistem yang hampir kering. Perbaikan sistem menawarkan manfaat tekno-ekonomi dan lebih sehat dan ramah lingkungan. Menurunkan biaya produksi tanpa mengurangi kinerja proses pemmesinan dan kualitas produk, serta menjadikan lingkungan kerja lebih sehat dan sebagai rasa peduli terhadap lingkungan.

Kata kunci: sistem pendingin, pemmesinan, ramah lingkungan,

1. PENDAHULUAN

Dampak berjadinya pandemi Covid-19 sangat besar pengaruhnya dalam banyak aspek kehidupan. Aspek ekonomi merupakan dampak yang sangat dirasakan masyarakat, termasuk pelaku usaha dalam berbagai bidang. Terlebih pelaku usaha mikro dan kecil harus kreatif dan bahkan dituntut inovatif dalam berstrategi agar mampu bertahan dalam kondisi yang serba sulit ini, khususnya di masa adaptasi kebiasaan baru akibat pandemi Covid-19. Salah satu yang bisa dilakukan adalah melakukan pengaturan atau "kreasi" terhadap faktor-faktor dalam operasional produksi. Berusaha menekan, mengurangi dan bahkan memangkas biaya-biaya yang harus dikeluarkan merupakan cara yang paling umum dan mungkin paling mudah. Namun seringkali cara tersebut memberikan dampak kurang baik dan bisa jadi kontra produktif, misalkan menurunkan kinerja fasilitas dan proses ataupun pengurangan kualitas produk. Keterbatasan akan banyak hal dari pelaku usaha pada skala tersebut membuat kemampuan bertahan semakin sulit. Salah satu pelaku usaha yang merasakan dampak ekonomi dari pandemi Covid-19 dan

kesulitan dalam “berkreasi” menyiasati keadaan yang ada adalah Bengkel Kembang Sore yang berlokasi di kota Cimahi.

Secara Bengkel Kembang Sore merupakan sebuah usaha kecil perbengkelan dibidang pemesinan (manufaktur logam) yang didirikan sejak tahun 2010. Saat ini bengkel tersebut terletak di lahan sendiri (bukan sewa) di sekitar Pemakaman Umum Muslim Padasuka. Secara geografis, lokasi tersebut terletak di antara 2 kawasan industri, yaitu Leuwigajah–Kota Cimahi (± 4 km) dan Cimareme–Kabupaten Bandung Barat (± 4 km). Disamping sudah memiliki produk dan konsumen yang bisa dikatakan tetap (beberapa jenis komponen dari peralatan geo-teknik), Bengkel Kembang Sore juga mengerjakan produk berdasarkan pesanan (*job order*) seperti poros, *bushing*, roda gigi dan lain sebagainya. Fasilitas pemesinan yang dimiliki saat ini, berupa 5 unit mesin bubut, 2 unit mesin milling/bor frais, 1 unit mesin hobbing dan 1 unit mesin sekrup, walaupun tidak semuanya dalam kondisi baik. Keterbatasan umum yang banyak dimiliki pelaku usaha skala mikro dan kecil juga ditemukan di Bengkel Kembang Sore, namun berdasarkan pengalaman usaha yang lebih dari 10 tahun dan tetap eksis tentu merupakan prestasi dan potensi tersendiri. Dalam operasional produksinya selama ini, Bengkel Kembang Sore menerapkan sistem pendinginan konvensional (*flood cooling*) untuk mendukung proses pemesinannya. Hal tersebut berdampak pada biaya yang terkait dengan cairan pemotongan (*cutting fluid*) yang relatif besar (Dhar dkk., 2006). Kontribusi biaya sistem pendinginan dalam komponen biaya produksi secara keseluruhan mencapai 15% (Ekinović dkk., 2013).

Menurut Ekinović dkk. (2013) dan Debnath dkk., (2014), sistem pendinginan konvensional (*flood cooling*) memerlukan volume cairan pemotongan (*cutting fluid*) yang banyak sehingga dianggap kurang ramah lingkungan dan berpotensi terhadap gangguan kesehatan, oleh sebab itu sebaiknya mulai ditinggalkan. Walaupun penting dalam mendukung proses pemesinan, namun kerugian sebagai akibat dari penggunaan *cutting fluid* yang berkaitan dengan efek kesehatan serta dampak lingkungan ditegaskan juga oleh Singh & Padhy, (2016). Sementara berbagai sistem pendinginan terus dikembangkan untuk meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkannya (Kelly & Cotterell, 2002; Yan dkk., 2016). Salah satu sistem pendinginan yang telah dikembangkan adalah dengan mengurangi atau meminimalkan volume cairan pemotongan (*cutting fluid*) yang digunakan sebagai media pendingin dan juga pelumasan dalam proses pemesinan. Penggunaan volume cairan pemotongan yang minimal, maka sistem pendinginan tersebut menawarkan manfaat secara tekno-ekonomis (Ali dkk., 2011), dimana dianggap lebih ramah lingkungan dan beresiko lebih kecil terhadap kesehatan serta rendahnya biaya pembelanjaan cairan pemotongan (*cutting fluid*). Namun begitu, kesesuaian penggunaan terhadap kondisi proses pemesinan tetap diperlukan untuk mampu menghasilkan kinerja proses dan kualitas produk seperti yang diharapkan.

Berdasarkan permasalahan dari Bengkel Kembang Sore tersebut di atas dalam berstrategi untuk meningkatkan ketahanannya di masa adaptasi kebiasaan baru, maka makalah ini membahas tentang pembuatan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan yang akan menggantikan sistem konvensional yang banyak menggunakan cairan pemotongan menjadi sistem yang hampir kering. Melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) 2021, Bengkel Kembang Sore digandeng sebagai Mitra PKM yang berjudul “Penerapan Konsep *Green Machining* Sebagai Pendukung Ketahanan Usaha Bengkel Permesinan di Masa Adaptasi Kebiasaan Baru”.

2. METODE

Pembuatan instalasi sistem pendingin yang dianggap lebih ramah lingkungan ini merupakan bagian dari target luaran dan solusi keseluruhan yang ditawarkan kepada Mitra dalam mengatasi permasalahannya. Sesuai dengan permasalahan Mitra dan potensi yang dimilikinya, target luaran yang berupa instalasi sistem pendingin ini diusulkan dan dibuat berdasarkan metode dan tahapan yang disepakati dengan melibatkan partisipasi Mitra.

2.1. Metode Pendekatan dan Tahapan Yang Dijalankan

Dalam pelaksanaan kegiatan ini, metode pendekatan yang digunakan adalah observasi, diskusi, demonstrasi dan pelatihan. Sementara tahapan yang dijalankan untuk menghasilkan target luaran berupa instalasi sistem pendingin yang ramah lingkungan ini adalah sebagai berikut:

- (1) Melakukan observasi di bengkel Mitra untuk mendapatkan data detail dalam rangka merencanakan atau merancang instalasi yang memungkinkan dan sesuai dengan kebutuhan Mitra.
- (2) Melakukan perencanaan atau perancangan fungsional serta konstruksional dari instalasi yang akan dibuat dengan melibatkan Mitra dalam diskusi.
- (3) Proses pengadaan, pembuatan dan pemasangan dari instalasi sistem pendingin hasil rancangan yang dilakukan bersama Mitra dan juga dibantu oleh pihak ketiga.
- (4) Percobaan / ujicoba instalasi sistem pendingin ramah lingkungan yang telah dibuat dan terpasang di bengkel Mitra.
- (5) Demonstrasi, pelatihan dan pendampingan penggunaan dari rangkaian peralatan dan instalasi yang telah ada tersebut.

2.2. Partisipasi Mitra Dalam Pelaksanaan

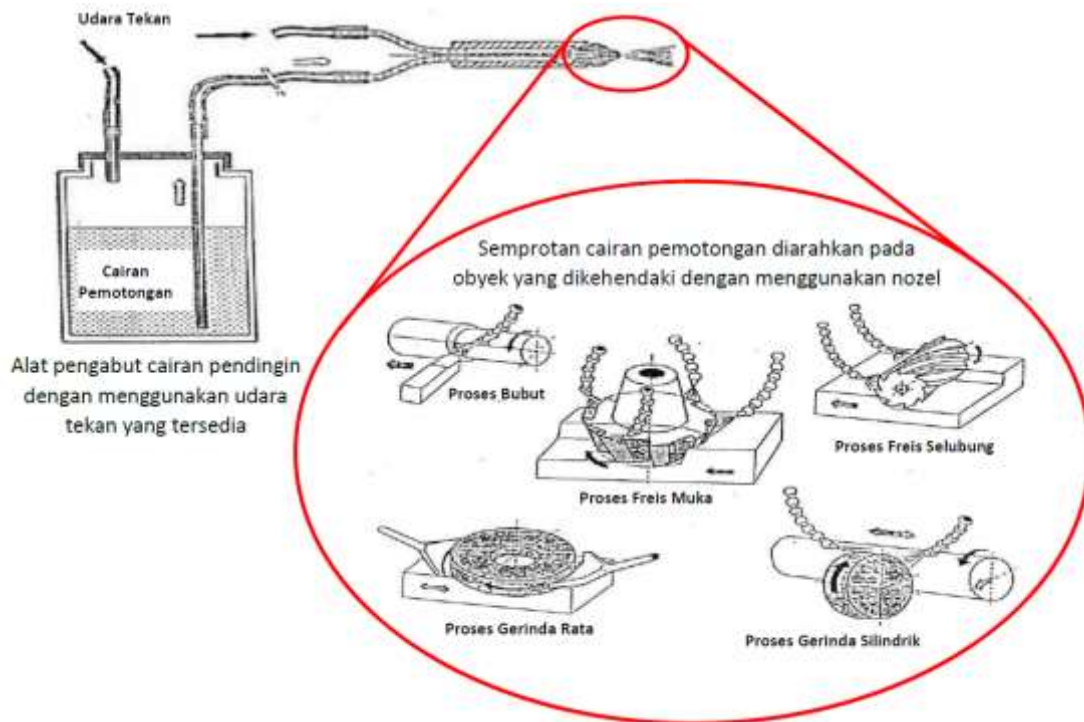
Bentuk partisipasi aktif yang dilakukan Mitra dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- (1) Aktif dan kooperatif dalam berbagi dan memberikan informasi yang diperlukan dalam menggali dan merumuskan permasalahan yang dihadapi oleh Mitra serta perencanaan solusi yang ditawarkan, termasuk rancangan atau bentuk instalasi sistem pendingin yang ramah lingkungan.
- (2) Aktif dalam pertemuan dan diskusi yang diselenggarakan untuk mendukung keberhasilan perencanaan dan pelaksanaan kegiatan ini.
- (3) Kooperatif dalam proses pembuatan dan ujicoba instalasi sistem pendingin yang ditargetkan.
- (4) Mengikuti secara aktif dalam proses demonstrasi, pelatihan dan pendampingan yang diprogramkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat melalui program PKM 2021 ini, termasuk penggunaan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan yang telah dibuat sebagai upaya penerapan konsep *green machining*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi di bengkel Mitra serta informasi yang diberikan terkait dengan kondisi operasional proses pemesinan yang dilakukan Mitra serta penggunaan sistem pendingin konvensional selama ini, maka direncanakan pembuatan instalasi sistem pendinginan yang menguntungkan dan lebih ramah lingkungan. Instalasi sistem pendingin ramah lingkungan tersebut dirancang dan dibuat dengan merujuk pada prinsip-prinsip yang telah disajikan dalam literatur. Rochim, (1993) memberikan gambaran tentang prinsip kerja peralatan untuk pengabutan cairan pendingin yang dibantu dengan udara tekan. Selain itu juga disampaikan tentang teknik penyemprotan cairan pemotongan (*cutting fluid*) yang diarahkan pada obyek atau target sehingga akan dapat bekerja lebih efektif. Gambar 1 menunjukkan gambar ilustrasi prinsip kerja peralatan pendinginan minimal dan teknik penyemprotan yang dimaksudkan di atas. Strategi pendinginan dalam proses pemesinan dengan cara mengabutkan cairan pemotongan menggunakan udara tekan sehingga kuantitasnya menjadi minimal dikenal sebagai *Minimum Quantity Lubrication (MQL)* atau juga disebut sebagai kondisi pemesinan yang mendekati kering (*near dry machining*). Gambaran lain atau bahkan rancangan instalasi peralatan *MQL* juga diberikan oleh Tai dkk., (2014) dan Dhar dkk., (2006). Secara skematik dari sistem *MQL* yang memiliki satu dan dua saluran (*single and dual channel system*) serta sebuah instalasi *MQL* unit diperkenalkan oleh mereka. Selain merujuk dari literatur yang ada, pembuatan instalasi sistem pendinginan dalam kegiatan PKM 2021 ini juga mempertimbangkan dan memperhatikan ketersediaan barang atau produk yang tersedia di pasaran sehingga relative mudah untuk

mendapatkannya. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengantisipasi dan memudahkan perawatan bila terjadi kerusakan.



Gambar 1. Prinsip kerja peralatan pendinginan minimal yang dapat bekerja efektif dalam proses pemesinan (Rochim, 1993)

Sistem pendinginan minimal dengan prinsip pengabutan cairan pemotongan atau berbasis *minimum quantity lubrication (MQL)* dipilih karena dianggap memiliki kelayakan untuk diterapkan di bengkel Mitra. Sistem pendinginan tersebut digunakan untuk mendukung sebagian besar mesin perkakas milik Mitra sebagai pengganti sistem pendinginan konvensional yang selama ini digunakan. Skematik rancangan instalasi sistem pendingin tersebut ditampilkan pada Gambar 2. Satu unit kompresor (*air compressor*) yang memiliki daya dua *horse power* (HP) digunakan sebagai sumber atau penghasil tekanan udara atau angin yang diperlukan. Pengatur tekanan (*air regulator*) dipasang untuk mengatur tekanan udara (angin) yang dibutuhkan dan disalurkan melalui unit perpipaan saluran utama udara tekan (angin) guna mendukung kerja dari semua unit alat pengabut cairan pemotongan. Saringan udara (*air filter*) ditambahkan pada perangkat tersebut untuk membantu menyaring udara (angin) yang ditiupkan oleh kompresor agar tidak tercemar partikel lain yang berpotensi merusak komponen-komponen lain di instalasi yang dibuat. Instalasi unit perpipaan saluran utama udara tekan (angin) dibuat permanen yang ditempelkan pada dinding tembok di sepanjang area unit mesin perkakas. Kemudian dari unit saluran utama dihubungkan dengan unit-unit saluran distribusi. Lima unit saluran distribusi dibuat untuk menyalurkan udara tekan (angin) menuju ke unit lima mesin perkakas. Kelima jenis unit mesin perkakas tersebut yaitu terdiri dari 4 unit mesin bubut dan 1 mesin milling. Sistem penyambungan dan saluran yang digunakan di setiap saluran distribusi udara tekan (angin) menggunakan komponen yang mudah di lepas-pasang serta fleksibel. Hal tersebut dilakukan karena pertimbangan fleksibilitas instalasi yang terpasang mengingat keterbatasan area sekitar penempatan unit-unit mesin perkakas. Di setiap unit mesin perkakas dipasang 1 unit perangkat *MQL* sebagai pengabut cairan pemotongan dalam operasional pendinginannya. Secara lebih detail berbagai jenis barang dan komponen yang digunakan serta masing-masing fungsinya dalam pembuatan instalasi pendingin ramah lingkungan ini ditampilkan pada Tabel 1. Sementara Gambar 3. memperlihatkan beberapa foto sebagai dokumentasi kegiatan ini.



Gambar 2. Skematik rancangan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan yang dibuat.

Tabel 1. Berbagai jenis barang dan komponen yang digunakan dalam pembuatan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan

No.	Nama	Jenis Barang Gambar Ilustrasi	Fungsi
1	Kompresor angin (<i>air compressor</i>)		Sebagai sumber / penghasil udara tekan (angin) yang diperlukan.
2	<i>Air Filter Regulator</i>		Untuk menyaring dan menstabilkan tekanan udara (angin) yang keluar dari <i>air compressor</i> agar tidak tercemar partikel asing dan memiliki tekanan sesuai yang dibutuhkan.
3	<i>Ball valve</i>		Sebagai pengatur/katup untuk membuka dan menutup saluran udara tekan (angin).
4	Pipa galvanis		Sebagai saluran utama udara tekan (angin) dari kompresor ke unit-unit mesin perkakas.
5	Berbagai sambungan dan kelengkapan perpipaan		Sebagai komponen penyambung pipa secara mekanik dan mencegah terjadinya kebocoran udara tekan.
6	Slang udara dan penjepitnya (<i>clamping</i>)		Sebagai saluran distribusi udara tekan (angin) dan penyambung saluran-saluran yang direncanakan.
7	Sistem penyeprot / pengabut cairan pemotongan (<i>coolant lubrication spray system</i>)		Untuk menyemprotkan / mengabutkan cairan pemotongan (<i>cutting fluid</i>) dengan menggunakan udara tekan yang tersedia ke arah pahat / benda kerja ataupun obyek yang dikehendaki.
8	Topless bening		Sebagai tempat penampungan / wadah cairan pemotongan (<i>cutting fluid</i>) yang digunakan selama proses pemesinan.



Gambar 3. Beberapa dokumentasi foto kegiatan pembuatan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan dalam PKM 2021

Dalam operasional penggunaannya, debit atau laju aliran cairan pemotongan yang dikabutkan dan digunakan sebagai media pendingin saat proses pemesinan dapat diatur sesuai kebutuhan. Kondisi pemotongan yang dijalankan (seperti jenis material benda kerja yang sedang dikerjakan, jenis perkakas potong serta parameter pemotongan yang sedang digunakan) menjadi pertimbangan utama dalam pengaturan tersebut. Pengaturan debit cairan pemotong dilakukan dengan mengatur bukaan katup udara tekan atau tekanan udara (angin) yang disalurkan ke unit *MQL* untuk digunakan dalam pengabutkan cairan pemotong. Percobaan penggunaan unit *MQL* dilakukan untuk mengetahui hasil yang bisa diperoleh dalam penggunaan rangkaian peralatan yang telah terpasang. Mengambil contoh dari proses produksi salah satu poros yang biasa dilakukan oleh Mitra, percobaan penggunaan peralatan tersebut dilakukan. Hasil dari percobaan penggunaan unit *MQL* tersebut menunjukkan bahwa debit atau laju aliran (*flow rate*) cairan pemotongan yang dapat dikabutkan dan digunakan sebagai media pendingin saat proses pemesinan berkisar pada 2-6 ml/menit (120-360 ml/jam). Hasil tersebut terkonfirmasi dengan data berdasarkan literatur yang menyatakan bahwa penggunaan cairan pemotongan pada sistem pendinginan *MQL* adalah relatif sangat sedikit, yaitu berkisar pada 50-500 ml/jam (Dhar, 2006). Agar pendinginan yang terjadi dapat lebih efektif, maka *nozzle* diarahkan langsung kepada target, yaitu di area pemotongan atau pembentukan geram (*chips*). Selain itu berdasarkan pengukuran kekasaran permukaan dari produk yang dihasilkan dalam percobaan juga menunjukkan bahwa kualitas permukaan produk yang dihasilkan tetap mampu memenuhi kriteria, yaitu masih tergolong N6 dalam klasifikasi kekasaran permukaan menurut ISO. Begitupun dengan hasil pengukuran kuat arus yang terjadi saat proses pemesinan dan juga keausan pahat yang terjadi tidak terlihat perbedaan dengan bila proses pemesinan dilakukan menggunakan sistem pendinginan konvensional. Dengan hasil yang demikian, biaya pengadaan cairan pemotongan atau operasional pendingin dalam proses pemesinan yang dilaksanakan Mitra dapat berkurang tanpa menurunkan kinerja proses pemesinan, termasuk kualitas produk yang dihasilkan. Selain

itu, polusi dan pengelolaan limbah bekas cairan pemotongan menjadi lebih sedikit yang menjadikan lingkungan kerja lebih sehat. Oleh karena itu, demonstrasi, pelatihan dan pendampingan dalam penggunaan serta pengelolaan instalasi sistem pendingin ramah lingkungan tersebut dilaksanakan untuk memaksimalkan manfaat yang diperoleh Mitra.

4. KESIMPULAN

Pembuatan sistem pendingin ramah lingkungan untuk sebuah bengkel pemesinan di Cimahi (Bengkel Kembang Sore) merupakan bagian dari target luaran dalam kegiatan pengabdian masyarakat melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) 2021. Luaran berupa perbaikan sistem pendingin yang dibuat tersebut memberikan manfaat tekno-ekonomi dan lebih sehat serta ramah lingkungan. Menurunkan biaya produksi (khususnya pendingin) tanpa mengurangi kinerja proses pemesinan dan kualitas produk, serta menjadikan lingkungan kerja lebih sehat dan sebagai rasa peduli terhadap lingkungan. Hal tersebut mendukung ketahanan Mitra dalam melaksanakan usahanya di masa adaptasi kebiasaan baru akibat pandemi Covid-19.

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui Hibah Program Kemitraan Masyarakat (PKM) 2021, pelaksanaan kegiatan pengabdian pada masyarakat ini dibiayai oleh Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, sesuai dengan Kontrak Pengabdian kepada Masyarakat Pelaksanaan Program Pengabdian Masyarakat Nomor: 087/E4.1/AK.04.AM /2021, untuk itu diucapkan terima kasih. Atas kerjasamanya yang baik, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pekerja dan pemilik Bengkel Kembang Sore – Cimahi serta semua yang terlibat dalam kegiatan pengabdian pada masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S. M., Dhar, N. R., & Dey, S. K. (2011). Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Cutting Performance in Turning Medium Carbon Steel By Uncoated Carbide Insert At Different Speed-Feed Combinations. *Advances in Production Engineering and Management*, 6(3), 185–196. http://maja.uni-mb.si/files/apem/APEM6-3_185-196.pdf
- Debnath, S., Reddy, M. M., & Yi, Q. S. (2014). Environmental Friendly Cutting Fluids and Cooling Techniques in Machining: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 83, 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.071>
- Dhar, N. R., Kamruzzaman, M., & Ahmed, M. (2006). Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Tool Wear and Surface Roughness in Turning AISI-4340 Steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 172(2), 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.09.022>
- Ekinović, S., Begović, E., & Lušija, A. (2013). MQL Machining – Oil on Water Droplet System. *The 4th International Symposium on Sustainable Development*, 15–25.
- Kelly, J. F., & Cotterell, M. G. (2002). Minimal lubrication machining of aluminium alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 120(1–3), 327–334. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(01\)01126-8](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(01)01126-8)
- Rochim, T. (1993). *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. ITB Press.
- Singh, P., & Padhy, C. P. (2016). Is MQL an Efficient and Sustainable Option? - A Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(6), 177–181.
- Tai, B. L., Stephenson, D. A., Furness, R. J., & Shih, A. J. (2014). Minimum Quantity Lubrication (MQL) in Automotive Powertrain Machining. *Procedia CIRP*, 14, 523–528. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.044>
- Yan, P., Rong, Y., & Wang, G. (2016). The Effect of Cutting Fluids Applied in Metal Cutting Process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 230(1), 19–37. <https://doi.org/10.1177/0954405415590993>