

APLIKASI SISTEM REFRIGERASI UNTUK PENDINGINAN CAIRAN PENDINGIN (*COOLANT*) PADA PROSES PEMESINAN LOGAM

M. Nuriyadi¹, Tandi Sutandi²

^{1,2}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung
e-mail: nuriyadi@polban.ac.id¹
ade.tandi@gmail.com²

ABSTRAK

Proses pemesinan adalah proses manufaktur yang melibatkan geseran antara pahat dan benda kerja logam sehingga menghasilkan panas. Panas ini mempengaruhi keausan pahat dan kualitas permukaan produk, untuk itu diperlukan cairan pendingin (*cutting fluid/coolant*) untuk mendinginkan pahat dan benda kerja logam tersebut. Penelitian ini merancang bangun sistem refrigerasi untuk pendinginan *cutting fluid (coolant)* pada proses pemesinan logam. Kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan data tentang temperatur yang dapat dicapai oleh cairan pendingin/*cutting fluid* dan kapasitas pendinginan serta kinerja dari sistem refrigerasi untuk pendingin *cutting fluid/coolant*. Hasil yang diperoleh adalah koefisien kinerja sistem refrigerasi pendingin *coolant* sebesar 5,82; kapasitas pendinginan yang terpakai sebesar 1,445 KW; Konsumsi Daya 770 Watt; waktu pencapaian temperatur *setting (chilling time)* sebesar 22 menit. Kemudian juga diperoleh hasil bahwa penggunaan sistem refrigerasi untuk pendinginan *coolant* menurunkan temperatur pahat sampai 26°C, dibandingkan dengan temperatur pahat pada pemotongan logam tanpa pendinginan *coolant* (sebesar 48°C), maupun temperatur pahat yang didinginkan *coolant* tanpa sistem refrigerasi (39°C).

Kata Kunci

Sistem refrigerasi, cairan pendingin, pemesinan..

1. PENDAHULUAN

Proses pemesinan merupakan sebuah proses penting dalam industri manufaktur terutama untuk pembuatan komponen-komponen mesin dari logam. Proses berlangsung karena adanya gerak relatif antara pahat dengan benda kerja. Akibat gerak relatif, maka panas dibangkitkan pada daerah-daerah tertentu khususnya permukaan yang berkontak langsung. Akibat panas yang terjadi suhu pada pahat dan benda kerja menjadi meningkat. Akibat peningkatan suhu maka beban kejut termal selama proses pemotongan juga meningkat[1]. Salah satu syarat dari pahat agar dapat melakukan pemotongan adalah kemampuan bahan pahat untuk menahan beban kejut termal. Akibat dari melemahnya pahat karena kenaikan suhu tersebut adalah terjadi kerusakan dan keausan pahat karena pahat tidak mampu lagi memberikan tegangan geser yang melebihi tegangan geser yang dimiliki oleh pahat. Kalau hal tersebut terjadi maka efek yang dihasilkan adalah proses pemotongan tidak lagi mampu menghasilkan bentuk geometri dan toleransi yang ketat, serta kualitas permukaan yang bagus, sedangkan hal tersebut merupakan salah satu keunggulan dari proses pemesinan dibandingkan dengan proses-proses manufaktur yang lain. Untuk menghindari hal tersebut, maka pada pahat biasanya diberikan pendingin (*coolant*) yang berfungsi untuk mendingin bagian yang berkontak sehingga tidak merubah sifat dari bahan khususnya bahan pahat.

Gambar 1 mengilustrasikan penggunaan *cutting fluid* pada proses *milling/frais*.



Gambar 1. Penggunaan *Cutting Fluid/Coolant* pada Proses Milling [2]

Sistem manufaktur pembuatan produk yang berkualitas tentunya harus didukung oleh permesinan yang baik. Sarjito (2012) telah meneliti tentang Analisa Pengaruh Metode Pendingin terhadap Keausan Pahat *High Speed Steel (HSS)* pada Proses *End Milling*. Penelitiannya dilakukan dengan cara membandingkan keausan pahat dari proses pemotongan dengan berbagai metode pendinginan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa proses *end milling* menggunakan variasi metode pendinginan dikururkan menghasilkan keausan pahat yang paling rendah dibandingkan dengan metode lain[2].

Proses pemesinan untuk keperluan produksi sangat dibutuhkan untuk mendapatkan suatu produk yang lebih baik. Beberapa segmen konsumen tertentu membutuhkan komponen yang mempunyai kehalusan permukaan tertentu dan menuntut agar komponen tersebut diproses dalam waktu yang cepat.

Untuk itu optimasi parameter proses pemesinan perlu dilakukan agar kekasaran permukaan yang diinginkan dapat dicapai dalam waktu yang paling singkat. Akan tetapi, parameter proses pemesinan yang diatur maksimum menyebabkan kekasaran permukaan suatu produk menjadi tinggi dibandingkan pengaturan parameter yang standar, selain itu terjadi gesekan antara benda kerja dengan pahat yang menimbulkan panas, sehingga temperatur pahat terutama bidang aktif pahat sangat tinggi. Hal ini mengakibatkan juga terjadinya keausan pahat, dan jika keausan terjadi secara terus menerus memperbesar gaya pemotongan, akibatnya kualitas produk menurun. Maka usaha untuk menjaga agar laju keausan pahat lebih tahan pada saat pemotongan adalah dengan pemberian pendingin pada pahat pada proses produksi dengan pemesinan logam.[3]

Fluida pemotongan (*cutting fluid*) atau sering disebut cairan pendingin (*coolant*) berfungsi untuk mengontrol temperatur pemotongan dan untuk pelumasan. Aplikasi fluida pemotongan adalah memperbaiki kualitas benda kerja selama mengalami proses pemotongan secara terus menerus oleh pahat (*tool*) dan juga berfungsi untuk memperbaiki umur pahat sehingga pahat tahan lama[4].

Secara umum coolant adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses permesinan. Digunakan pula untuk melumasi alat potong sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama.

Coolant merupakan cairan hasil campuran ethylene atau propylene glycol dan air. Biasanya rasio perbandingan zat mineral itu berkisar 50/50. dalam fase tertentu, kualitas coolant bisa menurun akibat panas (Rino, 2015) [3]. Kusaeri yang melakukan penelitian tentang Pengaruh Campuran Pendingin, Kecepatan dan Tebal Penyayatan pada Proses Frais terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja ST 40, menyatakan bahwa dalam proses penyayatan menggunakan mesin *milling*, temperatur dikontrol dengan pendingin yang dipancarkan dari samping pahat dimana aliran pendingin tersebut mengenai pisau, benda kerja dan bidang benda kerja dan pisau

yang bergesekan sehingga temperatur dapat dijaga. Temperatur yang dihasilkan tergantung dari debit aliran media pendingin, campuran media pendingin dan jenis media pendingin yang digunakan[5].

Dari pembahasan diatas maka temperatur cutting fluid/coolant mempengaruhi kualitas produk proses pemesinan, untuk itu perlu dibuatkan sebuah sistem pendinginan cutting fluid/coolant agar dapat meningkatkan kualitas produk pemesinan. Disisi lain kinerja dari sistem refrigerasi pendinginan cutting fluid/coolant juga menjadi objek penelitian

2. Tujuan Penelitian

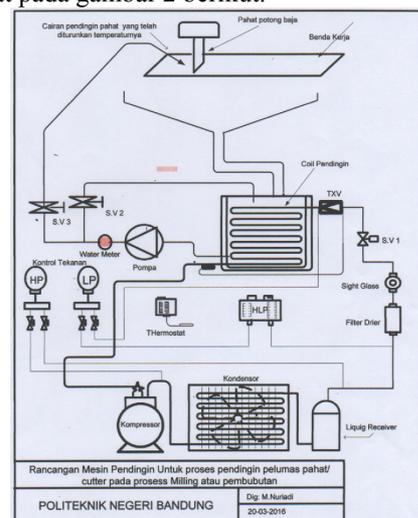
Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Merancang bangun sistem refrigerasi untuk pendinginan *cutting fluid/coolant* pada proses pemesinan
- Meneliti pengaruh temperatur *coolant* terhadap kekasaran permukaan produk dan keausan pahat pada proses pemesinan

3. METODOLOGI

Pada penelitian ini, telah dibuat sistem pendinginan untuk mendinginkan *cutting fluid/coolant* dengan sistem refrigerasi jenis *secondary refrigerant* dimana fluida pendingin/refrigeran mendinginkan cairan *coolant* untuk mendinginkan pahat dan benda kerja pada proses pemesinan atau proses manufaktur.

Gambar rancangan untuk sistem refrigerasi dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



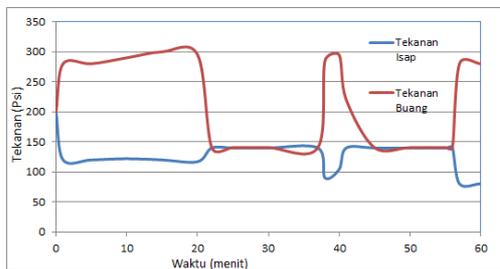
Gambar 2. Diagram pemipaan system refrigerasi pendingin coolant

Selanjutnya dilakukan studi eksperimen untuk mendapatkan data berupa beban pendinginan untuk proses pemesinan logam, temperatur *cutting fluid*

(coolant), kekasaran permukaan logam benda kerja dan keausan pahat pada proses pemesian logam. Penelitian ini terdiri dari perancangan sistem refrigerasi untuk pendinginan *cutting fluid (coolant)* pada proses pemesian logam. Setelah itu dilakukan pengujian untuk mendapatkan data tentang temperatur yang dapat dicapai oleh cairan pendingin/*cutting fluid* dan kapasitas pendinginan serta kinerja dari sistem refrigerasi untuk pendingin *cutting fluid/coolant*.

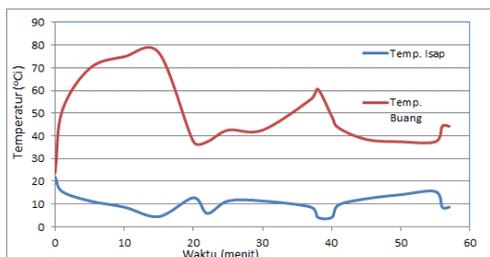
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sistem ditampilkan pada beberapa grafik berikut. Gambar 3 menunjukkan tekanan kerja dari sistem refrigerasi pendingin *coolant*. Terlihat dalam grafik ini tekanan isap dan buang dari kompresor sistem refrigerasi pada saat sistem bekerja dan pada saat sistem mati karena temperatur *coolant* telah tercapai. Tekanan isap kompresor saat sistem bekerja berada pada kisaran 90 psi (6,4 bar), sedangkan tekanan buang kompresor saat sistem bekerja berada pada kisaran 280 psi (20 bar). Tekanan pada saat sistem mati berada pada kisaran 140 psi (10,5 bar).



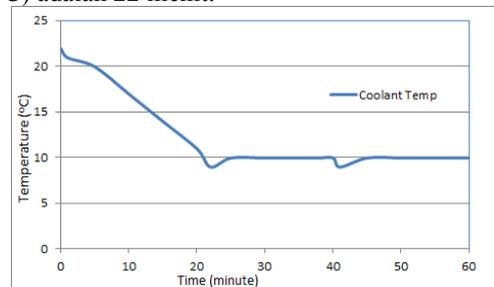
Gambar 3. Grafik tekanan kerja sistem refrigerasi pendingin *coolant*

Gambar 4 menunjukkan temperatur kerja dari sistem pada saat hidup dan mati, terlihat bahwa untuk siklus perubahan temperatur lebih lambat dibandingkan dengan siklus perubahan tekanan yang lebih spontan. Temperatur isap kompresor saat sistem bekerja berada pada kisaran 4°C, sedangkan temperatur buang kompresor saat sistem bekerja berada pada kisaran 70°C.



Gambar 4. Grafik temperatur kerja sistem refrigerasi pendingin *coolant*

Gambar 5 adalah profil temperatur Coolant yang didinginkan dengan sistem refrigerasi. Awalnya coolant yang merupakan campuran antara air dan larutan bromus memiliki temperatur 22°C. Dengan beroperasinya sistem refrigerasi untuk pendinginan coolant, maka temperatur coolant turun seiring dengan berjalannya waktu. Temperatur coolant diatur sampai mencapai temperatur 10°C serta simpangan sebesar ± 1°C dengan menggunakan termostat. Hal ini membuat sistem refrigerasi akan bekerja ketika temperatur cairan coolant berada di atas 10°C, dan sistem akan mati pada saat temperatur coolant mencapai 9°C. Waktu pencapaian temperatur coolant dari temperatur kamar sampai mencapai temperatur setting (10°C ± 1°C) adalah 22 menit.

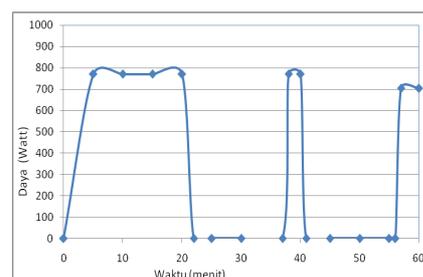


Gambar 5. Profil temperatur cairan coolant

Kuantitas cairan coolant yang digunakan pada pengambilan data penelitian ini adalah sebanyak 35 liter yang ditempatkan dalam chamber dan didinginkan oleh sistem refrigerasi kompresi uap. Dengan massa jenis cairan coolant yang mendekati massa jenis air (1 kg/liter), maka massa cairan coolant yang digunakan sebesar 35 kg. Kapasitas pendinginan terpakai dari sistem refrigerasi pendingin coolant ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$q = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta T}{t} = \frac{35 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}} (22 - 9)\text{C}}{22 \text{ menit} \times 60 \text{ s/mnt}} = 1,445 \text{ kW}$$

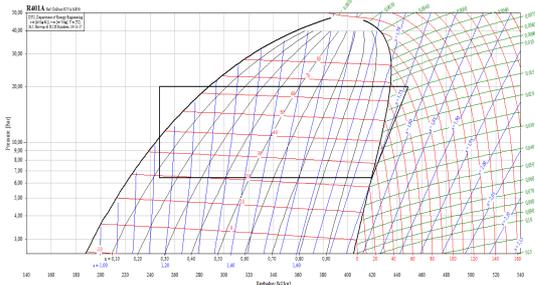
Gambar 6 menunjukkan profil daya yang dikonsumsi oleh sistem refrigerasi pendingin coolant selama proses pendinginan coolant. Rata-rata daya yang dikonsumsi oleh sistem adalah sebesar 770 Watt.



Gambar 6. Grafik profil konsumsi daya

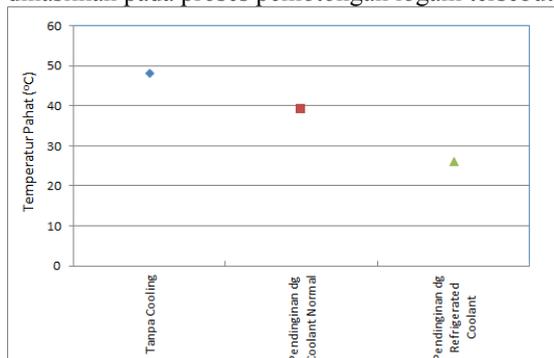
Analisis kinerja sistem refrigerasi pendingin coolant

Analisis kinerja sistem refrigerasi pendingin cairan coolant dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) Coolpack. Gambar 7 menunjukkan plot parameter operasi sistem refrigerasi pada diagram tekanan-entalpi (*P-h diagram*).



Gambar 7. Plot parameter kerja sistem pada diagram tekanan-entalpi

Gambar 8 menunjukkan perbandingan rata-rata temperatur pahat pada tiap kondisi pemotongan. Temperatur pahat pada kondisi pemotongan tanpa pendinginan coolant adalah sebesar 48°C. Temperatur pahat pada kondisi pemotongan dengan pendinginan coolant yang memiliki temperatur normal adalah sebesar 39°C, sedangkan temperatur pahat pada kondisi pemotongan dengan menggunakan coolant yang didinginkan menggunakan sistem refrigerasi (*refrigerated coolant*) adalah sebesar 26°C. Perbedaan temperatur ini tentunya akan mempengaruhi keausan pahat yang digunakan dan kualitas produk yang dihasilkan pada proses pemotongan logam tersebut.



Gambar 8. Perbandingan temperatur pahat pada tiap kondisi pemotongan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis pada penelitian tentang aplikasi sistem refrigerasi untuk pendinginan *cutting fluid (coolant)* pada proses pemesinan logam ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Koefisien kinerja sistem refrigerasi pendingin coolant sebesar 5,82
- Kapasitas pendinginan sistem refrigerasi yang terpakai selama pengambilan data sebesar 1,445 kW
- Konsumsi Daya sistem sebesar 770 Watt
- Waktu pencapaian temperatur *setting (chilling time)* sebesar 22 menit
- Penggunaan sistem refrigerasi untuk pendinginan coolant berhasil menurunkan temperatur pahat sampai 26°C, dibandingkan dengan temperatur pahat pada pemotongan logam tanpa pendinginan coolant (sebesar 48°C), maupun temperatur pahat yang didinginkan coolant tanpa sistem refrigerasi (39°C).

6. Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk mendapatkan pengaruh yang terukur dari penggunaan sistem refrigerasi untuk pendinginan coolant terhadap kualitas produk hasil pemotongan logam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mulyadi, dkk, Penghematan Penggunaan Cairan Pendingin Dalam Proses Frais Dengan Mesin Konvensional, Univ. Andalas, 2010.
2. Sarjito, Analisa Pengaruh Metode Pendingin Terhadap Keausan Pahat *High Speed Steel (HSS)* Pada Proses *End Milling*, Univ. Muhammadiyah Surakarta, 2012
3. Rino Oktarial, Teknik Industri Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2015
4. Paryanto, Proses Pemesinan Logam, Univ. Negeri Yogyakarta, 2005
5. Kusaeri, Pengaruh Campuran Pendingin, Kecepatan Dan Tebal Penyayatan Pada Proses Frais Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja ST40
6. Hasan Basri, Muhammad, "Efek Perubahan Laju Aliran Massa Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi Focus 808", Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 3, Agustus 2009: 197 – 203
7. ASHRAE, 2014. *ASHRAE Handbook of Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*, Atlanta.