

Desain Alat Penukar Kalor (*Air To Air Cooler*) Produksi Udara Dingin Untuk Fluida Pendingin Proses Permesinan

Bambang Sugiantoro¹, Unggul Satria Jati²,

¹⁾ Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto, Jl. Semangkir No. 1 Purwokerto

²⁾ Politeknik Ma'arif Purwokerto, Jl Sultan Agung Purwokerto

email : bmb.stt2@gmail.com ; unggul_poltek@yahoo.co.id

Abstract

Heat exchanger / heat (heat exchanger) with various types used in the machining process. As with the design process. The purpose of this design is to obtain optimal output temperature to be done on the machining process. The design of the heat exchanger has a concept with steps included: a requirement, the concept of product design, modeling until the working drawings. The next process is the statement of requirements, design considerations, and the continued demands of design. For the cooling system using a 7 mm diameter aluminum pipe with a length of 17.97 meters. The pipe-shaped wave with a series circuit. Then cooled into the cooler with a temperature 0-5 °C. The resulting output is equal to 5-8 °C, inlet temperature of the compressor is equal to 28-30 °C. Design tool is poured into the cooling system working drawings include the frame tool, image transmission, image pulleys, electric motors drawing. Its use has been automated. Cooling device is also not too large sized with a length of 800 mm, width 600 mm and height of 1200 mm. This tool has done the work test for the machining process. Machine used is turning and milling machines. Results obtained with roughness levels for milling machines is 0.657 μm . while the engine is turning produces 1,221 μm roughness. From these results coolers cooling system is better used for milling machines.

Keywords: Design, cooling, machining

ABSTRAK

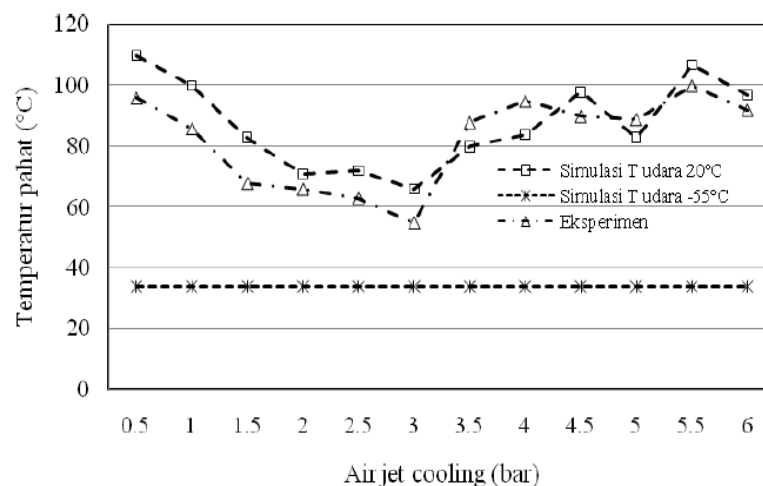
Alat penukar kalor/panas (*heat exchanger*) dengan bermacam tipe digunakan dalam proses permesinan. Seperti halnya dengan proses perancangan ini. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mendapatkan hasil keluaran suhu yang optimal agar dapat dilakukan pada proses permesinan. Perancangan alat penukar kalor ini mempunyai beberapa konsep dengan langkah-langkah antara lain yaitu: kebutuhan, perancangan konsep produk, pemodelan sampai dengan gambar kerja. Proses selanjutnya adalah pernyataan kebutuhan, pertimbangan perancangan, dan dilanjutkan tuntutan perancangan. Untuk *cooling system* menggunakan pipa aluminium berdiameter 7 mm dengan panjang 17.97 meter. Pipa tersebut berbentuk gelombang dengan rangkaian seri. Kemudian didinginkan dengan kedalam kotak pendingin dengan temperatur 0-5 °C. keluaran yang dihasilkan yaitu sebesar 5-8 °C, suhu masuk dari kompresor yaitu sebesar 28-30 °C. Desain alat *cooling system* ini dituangkan kedalam gambar kerja meliputi rangka alat, gambar transmisi, gambar puli, gambar motor listrik. Penggunaannya sudah otomatis. Alat pendingin juga berukuran tidak terlalu besar dengan panjang 800 mm, lebar 600 mm dan tinggi 1200 mm. Alat ini telah dilakukan proses uji kerja untuk proses permesinan. Mesin yang digunakan adalah mesin *turning* dan *milling*. Didapatkan hasil dengan tingkat kekasaran untuk mesin *milling* yaitu 0,657 μm . sedangkan untuk mesin *turning* menghasilkan tingkat kekasaran yaitu 1,221 μm . Dari hasil tersebut alat pendingin *cooling system* lebih baik digunakan untuk mesin *milling*.

Kata kunci : Desain, pendingin, permesinan

1. Pendahuluan

Alat penukar kalor adalah suatu peralatan dimana terjadi perpindahan dari satu daerah ke daerah yang lainnya sebagai akibat beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Karena beda suhu terdapat diseluruh alam semesta, maka hal-ikhwat aliran panas bersifat umum (*universal*), hal-ikhwat yang berkaitan dengan tarikan gravitasi. Tetapi tidak sebagaimana halnya gravitasi, aliran panas tidak dikendalikan oleh sebuah hubungan yang unik, namun oleh kombinasi dari berbagai hukum fisika yang tidak saling berhubungan. Secara proses perpindahan panas terdapat tiga metode yaitu: *konduksi* (*conduction*; juga dikenal dengan istilah *hantaran*), *radiasi* (*radiation*) dan *konveksi* (*convection*; juga dikenal dengan istilah *iliran*)^[1]. Dalam perancangan di fokuskan pada alat penukar kalor terhadap *cooling system* dengan media pendingin udara. Alat pendingin ini merupakan suatu komponen yang digunakan untuk menurunkan udara yang normal menjadi suhu yang dingin, udara tersebut yang nantinya akan dijadikan untuk proses pemesinan. Proses perancangan *cooling system* pada pemesinan dengan menggunakan pendinginan udara merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses pemesinan yang ramah lingkungan^[2].

Pada proses pemesinan menggunakan sistem pendinginan untuk teknologi terkini diarahkan untuk memiliki efisiensi yang tinggi terhadap penggunaan fluida pendinginan dan juga di upayakan bahan yang di pakai mempunyai sifat ramah lingkungan, dan aman bagi operator. Contoh pada proses pemotongan benda kerja pendinginan diperlukan terutama untuk mencegah efek panas yang di timbulkan ketika pemotongan terjadi. Dengan demikian alat pendingin pada proses pemesinan saat ini kegunaannya sangat vital. Penggunaan udara-dingin yang telah dilakukan pada peneliti terdahulu dilakukan dengan menggunakan *nozzel*, *air jet cooling*, dan salah satunya dengan menggunakan tabung *vortek*, pada proses pemesinan menggunakan media pendingin dengan tabung *vortek*, bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan temperatur pahat yang dilakukan^[3] pada temperatur udara pendingin -55°C dan 20°C dengan tekanan penyemprotan 0,5-6 bar. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

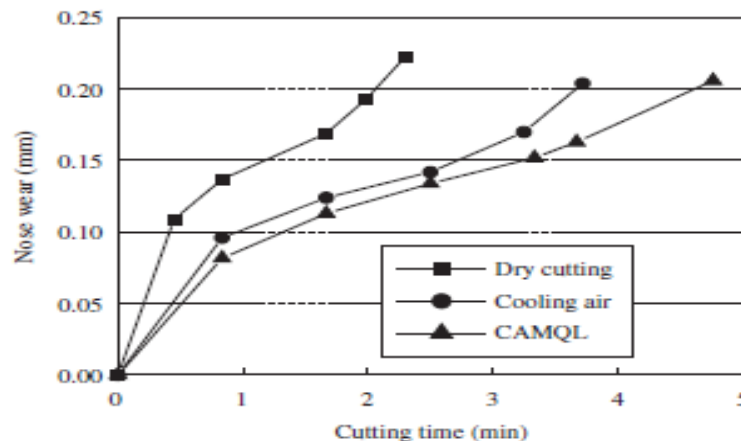


Gambar 1. Grafik temperatur *clereance face* pahat pada jarak 1 mm dari *nose radius*^[4]

Distribusi temperatur pahat dari hasil simulasi dan pemodelan bubut dengan pendingin udara bertekanan 3 bar dapat diketahui bahwa penggunaan udara-dingin dengan tabung *vortek* sebagai media pendingin pada proses pemesinan mampu menurunkan temperatur pahat hingga 39% dibanding menggunakan udara bertemperatur lingkungan^{[5][6]}. Jika dibandingkan dengan proses pemesinan kering maka penurunan temperatur pahat setelah

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

menggunakan udara-dingin mencapai 51%. Hal ini akan hampir menyamai dengan efektifitas pendinginan yang dapat diperoleh jika menggunakan pemessinan menggunakan media pendingin cair^{[6][7]}. Proses *turning* dengan material Inconel 718 dengan menggunakan media pendingin udara. Berdasarkan hasil penelitian ini, dibandingkan dengan *dry machining* proses pendinginan metode ini mampu meningkatkan umur pahat 78%^[8]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik proses pemotongan menggunakan udara dingin dengan material Inconel 718^[4]

Penggunaan pendinginan jet tinggi-tekanan pada cutting suhu di balik baja menggunakan *nozzel eksternal* ^[3] Ternyata mendapatkan hasil yaitu tekanan tinggi jet pendingin berpengaruh signifikan terhadap penurunan suhu, tingkat keuntungan tampaknya lebih tinggi pada pakan lebih rendah dan pemotongan yang lebih rendah kecepatan. Dalam kondisi pendingin tekanan tinggi suhu pemotongan rata-rata berkurang 16% dibandingkan kondisi kering. Itu Model memberikan hasil yang cukup dapat diterima dalam hal penyimpangan dari hasil yang sebenarnya, dengan 5% deviasi untuk model suhu. Dengan demikian model membuktikan validitasnya. Sebagai suhu pada antarmuka chip tool merupakan salah satu dari dua faktor yang paling penting yang mempengaruhi proses pemessinan. Proses pemessinan untuk teknologi terkini yaitu diarahkan untuk memiliki efisiensi yang tinggi terhadap penggunaan fluida pendinginan dan juga di upayakan bahan yang di pakai mempunyai sifat ramah lingkungan, dan aman bagi operator. Pada proses pemessinan seperti proses pemotongan benda kerja, pendingin sangat diperlukan terutama untuk mencegah efek panas yang di timbulkan ketika pemotongan terjadi. Hal ini juga mengarah pada pengembangan suatu industri yang diharuskan mengutamakan ramah lingkungan (*green machining*)

Di samping itu sesuai dengan kesepakatan CAFTA pada tahun 2010, bahwa industri pemessinan Nasional dituntut untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Dan salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan cara penggantian cairan pendingin yang digunakan dalam proses pemessinan, karena dengan penggunaan cairan pendingin tersebut akan banyak memakan biaya proses manufaktur dan juga tidak ramah terhadap lingkungan. Penggunaan cairan pendingin sebagai media pendingin pada proses pemessinan berdampak akan meningkatnya biaya produksi 6-12 %, disamping itu penggunaan cairan pendingin cairan juga berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia ^[8]. Ini berarti bahwa cairan pemotongan bekas tersebut perlu mendapat perlakuan khusus agar ketika dibuang ke alam dengan mudah dan cepat dapat terurai. Perlakuan khusus ini memerlukan biaya yang tidak sedikit yaitu sebesar 40% dari nilai investasi cairan pemotongan yang digunakan ^[9]

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

Penggantian cairan pendingin dengan penggunaan udara-dingin dengan tabung *vortek* pada proses pemesinan merupakan suatu tujuan untuk mengetahui besarnya penurunan temperatur pahat yang dialami pada proses permesinan^[9] pada temperatur udara pendingin dengan suhu -55°C dan 20°C dan tekanan penyemprotan 0,5-6 bar. Mendapatkan hasil yaitu suhu pahat yang terjadi mendapat penurunan yang signifikan yaitu mencapai 51%. Hal tersebut harus mendapat pertimbangan yang lebih bagi dunia perkembangan industri. Menurut penelitian^[4] penggunaan pada udara-dingin menggunakan alat bertekanan dengan variasi tekanan 0.4, 0.5, 0.6 Mpa dan aliran udara 1201/menit. Mendapatkan hasil yang signifikan, karena udara-dingin tersebut diketahui dapat menurunkan pahat mencapai -20 °C, dan tekanan paling baik didapatkan pada tekanan 0.6, Penggunaan pendinginan jet tekanan tinggi pada *cutting* suhu di balik baja Ternyata mendapatkan hasil yaitu Tekanan tinggi jet pendingin menggunakan *nozzel eksternal* berpengaruh signifikan terhadap penurunan suhu, tingkat keuntungan tampaknya lebih tinggi pada pakan lebih rendah dan pemotongan yang lebih rendah kecepatan. Dalam kondisi pendingin tekanan tinggi suhu pemotongan rata-rata berkurang 16%. MQL memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan pemesinan kering (*dry machining*), apabila ditinjau dari laju keausan pahat dan kekasaran permukaan hasil pemesinan^[3] Metode MQL ini juga memiliki kekurangan yaitu timbulnya *aerosol coolant* di daerah pemotongan logam, hal ini jelas tidak ramah lingkungan dan juga akan sangat membahayakan kesehatan operator^[10]

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka penulis mengambil judul “Desain Alat Pendingin Penukar Kalor untuk Menghasilkan Udara Dingin untuk Pendinginan Proses Permesinan”. Penulis berusaha untuk membuat suatu alat yang mampu memfokuskan aliran udara pendingin dan menurunkan temperatur udara yang digunakan sebagai media pendingin. Dengan cara tersebut diharapkan akan diperoleh efektifitas pendinginan yang lebih tinggi dan mampu menggantikan media pendingin yang sekarang ini ada dipasaran. Pemfokusan aliran udara dapat dilakukan dengan menggunakan *nozzel* dengan diameter keluaran 2 mm dengan aliran diusahakan selaminar mungkin.

Suhu udara dari kompresor sekitar 20 °C dan diteruskan oleh pipa udara kompresor yang kemudian dihubungkan ke *cooling system*, pipa *cooling system* tersebut mempunyai panjang yang harus diperhitungkan, kemudian dimasukkan kedalam alat pendingin yang mempunyai suhu temperatur 0-5 °C. Setelah udara dalam pipa *cooling system* didinginkan dengan suhu 0-5 °C maka akan mendapatkan suhu udara-dingin. Udara-dingin tersebut yang nantinya akan digunakan untuk proses permesinan dan menghasilkan proses pengerjaan yang baik.

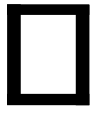
2. Metodologi penelitian

2.1 Rancang Bangun cooler

Perancangan suatu elemen mesin mempunyai beberapa aspek yang harus diperhatikan. Salah satu aspek tersebut adalah pemilihan jenis bahan teknik yang akan digunakan. Pemilihan bahan untuk elemen atau komponen sangat berpengaruh terhadap kekuatan elemen tersebut. Penentuan bahan yang tepat pada dasarnya merupakan kompromi antar berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan sampai dimana sifat bahan dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan^[11] Pemilihan suatu bahan teknik mempunyai beberapa aspek yang benar-benar memerlukan peninjauan yang cukup teliti. Berdasarkan gambaran yang telah didapat untuk alat *cooling system* udara-dingin yang sedang dirancang. Dengan demikian maka dapat disusun rangka bangun untuk alat tersebut. Bahan untuk pembuatan rangka juga tidak sembarang, agar mendapatkan hasil yang baik maka harus ada perbandingan yang harus dicermati. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

Tabel 2.1. Varian profil rangka alat

No.	Sub Komponen	Varian yang Mungkin		
		1	2	3
1.	Profil rangka alat			
		(Profil U)	(Profil L)	(Profil Kotak)

Pipa silinder ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya udara dingin yang nantinya akan dimanfaatkan untuk *cooling system*. Terowongan ini tidak dilapisi dengan isolasi, *seel tip* dan lainnya karena bisa menghambat kecepatan dan suhu dingin yang dihasilkan. Pipa ini nantinya akan didinginkan dengan suhu dingin yaitu 0-5 °C dimaksudkan untuk menghasilkan udara-dingin didalam pipa tersebut, kemudian untuk spesifikasi *cooling system* mempunyai panjang yaitu 17,97 m, diameter 0,1 m^[12]. Untuk pemilihan bahan *cooling system* tersebut tidak sembarang pilih melainkan dengan pertimbangan, pada Tabel 2 terdapat varian untuk pembuatan *cooling system* untuk pendinginan udara-dingin.

Tabel 2.2. Varian untuk pembuatan *cooling system* udara-dingin^[13]

No.	Sub Komponen	Varian yang Mungkin		
		1	2	3
1.	Material <i>Cooling system</i>	Pipa Tembaga	Pipa Aluminium	Pipa Kapiler

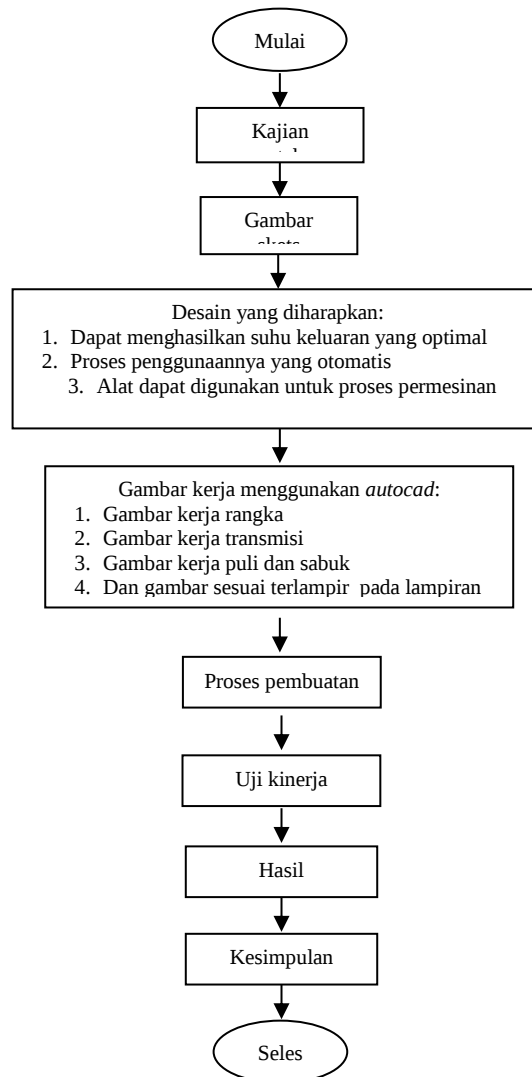
Proses permesinan untuk teknologi terkini yaitu diarahkan untuk memiliki efisiensi yang tinggi terhadap penggunaan fluida pendinginan dan juga diupayakan juga mempunyai sifat ramah lingkungan, dan aman bagi operator. Pada proses permesinan seperti proses pemotongan benda kerja, pendinginan sangat diperlukan terutama untuk mencegah efek panas yang di timbulkan ketika pemotongan terjadi. Hal ini juga mengarah pada pengembangan suatu industri yang diharuskan mengutamakan ramah lingkungan (*green mechnaning*).

- a. Pertimbangan Teknis
 - 1) Kemudahan dalam pengoperasian alat.
 - 2) Konstruksi yang kuat dan proses pengerjaan yang baik untuk dapat menambah umur alat.
 - 3) Proses perakitan alat relatif mudah sehingga perawatan dan perbaikan alat tersebut dapat dilakukan dengan mudah dan murah.
- b. Pertimbangan Ergonomis
 - 1) Konstruksi alat yang sederhana sehingga dapat memberikan kemudahan pada saat pengoperasian alat dan dapat memberikan nilai *comfortable* atau kenyamanan terhadap kinerja operator.
 - 2) Alat tidak menimbulkan getaran yang berlebih pada saat pengoperasian.
- c. Pertimbangan lingkungan

Pertimbangan lingkungan ini didasarkan pada penggunaan alat yang pengoperasiannya tidak menimbulkan polusi serta bising ataupun getaran yang besar sehingga dapat memberikan kenyamanan calon pengguna.
- d. Pertimbangan Keselamatan Kerja

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

Pertimbangan keselamatan kerja merupakan syarat ketentuan alat pendinginan untuk dapat dikatakan layak dipakai. Syarat tersebut dapat berupa perlindungan terhadap putaran motor listrik dan kabel-kabel yang terhadap hantaran arus listrik yang dapat bahaya atau menimbulkan kecelakaan kerja yang dapat menimbulkan dampak yang lebih serius. Berikut diagram perencanaan untuk perancangan *cooling system* menggunakan udara dingin:



Gambar 2.3. Diagram alir proses perancangan

3. Hasil pembahasan

1. Nilai konveksi dalam

Perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} Q &= h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots \text{Pers. 2.1}^{[14]} \\ &= 0,281 \times 7,92 \times 26,92 \\ &= 166,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Konduktifitas panas

perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

$$K = \frac{A}{L} \frac{T_1 - T_2}{Q} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.2}^{[14]}$$

$$= \frac{7,92 \times 0,11 \times 166,4}{17,97}$$

$$= 8,06 \text{ (w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

2. Koefisien panas
perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$h = \frac{k}{A} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.3}^{[14]}$$

$$= \frac{8,06}{7,92}$$

$$= 1,01 \text{ (w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

3. Perpindahan kalor
perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$q = U.A. \Delta T \dots\dots\dots \text{Pers. 2.4}^{[1]}$$

$$= 1,85 \times 7,92 \times 26,92$$

$$= 394,43 \text{ (watt)}$$

4. Laju aliran panas
perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$dq = U (T_1 - T_2) dA \dots\dots\dots \text{Pers. 2.5}^{[1]}$$

$$= 1,85 (30-28) \times (0,07) \times 7,92$$

$$= 17 \times 0,5$$

$$= 8,5 \text{ (w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

5. Viskositas absolut
perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\mu = \kappa \left(\frac{t(^{\circ}\text{C}) + 273}{10,000} \right)^c \dots\dots\dots \text{Pers. 2.6}^{[14]}$$

$$= \frac{0,194 (15(5^{\circ}\text{C}) + 273)^{0,674}}{10.000}$$

$$= 1,71 \text{ lb/m}^2$$

6. Menghitung *reynolds*
perpindahan panas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.7}^{[1]}$$

$$= \frac{1,293 \times 13,30 \times 0,07}{1,71 \text{ lb/m}^2}$$

$$= 703,96 \text{ lb/m}^2$$

7. Uji Kinerja

Setelah dilakukan uji kinerja untuk dari alat alat *cooling system* menggunakan udara-dingin. mendapat kan hasil bahwa alat *cooling system* dapat bekerja dengan maksimal sesuai dengan apa yang dibutuhkan dengan proses permesinan. Hasil temperatur suhu udara yang keluar dari lubang keluaran mencapai 5-8 $^{\circ}\text{C}$ dengan suhu udara masuk dari 28-30 $^{\circ}\text{C}$ kemudian udara didinginkan dengan alat *cooling system* dengan panjang 17.97 mm kemudian didinginkan dengan suhu ruangan 0-5 $^{\circ}\text{C}$.

Dari suhu keluaran 5-8 $^{\circ}\text{C}$ sudah cukup untuk mengerjakan suatu proses permesinan dan sesuai dengan tuntutan lingkungan alat ini sudah layak pemakaian. Karena,

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

tidak menimbulkan polusi yang dapat membahayakan udara-udara yang ada disekitarnya dan pengguna lain, alat juga harus ramah lingkungan karena mengacu pada *green machining*. Dalam uji kinerja alat *cooling system* menggunakan udara-dingin tidak hanya mengetahui berapa suhu keluaran yang dihasilkan *cooling system* tersebut. Tetapi juga dilakukan untuk proses permesinan, dan mesin yang digunakan untuk pengujiannya yaitu menggunakan mesin bubut (*turning*) dan mesin *frais* (*milling*). Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan dari kedua mesin tersebut adalah:

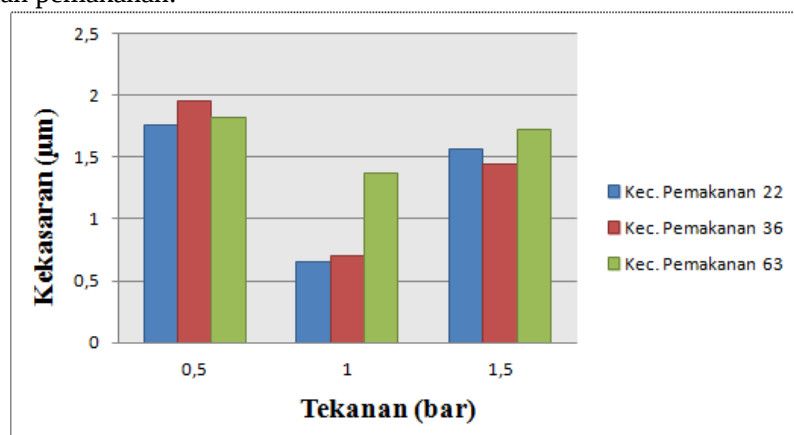
a. Mesin *milling*

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan mesin *frais* menggunakan bahan baja ST 60, dengan tingkat variasi tekanan udara yaitu 0.5 bar, 1 bar, 1.5 bar, tebal pemakanan 0.5 mm, dilanjut dengan tingkat kecepatan pemakanan 22, 36, 63 mm/min dan menggunakan *variable* terikat menggunakan kecepatan pemotongan 360 mm/min. Berikut adalah parameter-parameter permesinan dan tingkat kekasaran hasil pengujian tingkat kekasaran pada baja ST 60 menggunakan udara-dingin dengan variasi tekanan, variasi kecepatan pemakanan, tebal pemakanan 0.5 mm dan kecepatan pemotongan 360 mm/min. seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1. Parameter-parameter pemesisinan dan tingkat kekasaran

No	Tekanan (bar)	Parameter Pemesisinan			Suhu (°C)	Tingkat Kekasaran Ra (µm)
		Kecepatan Pemakanan (mm/min)	Tebal Pemakanan (mm)	Kecepatan Pemotongan (mm/min)		
1	0,5	22	0,5	360	10	1,755
2	0,5	36	0,5	360	8	1,957
3	0,5	63	0,5	360	8	1,842
4	1	22	0,5	360	7	0,657
5	1	36	0,5	360	6	0,699
6	1	63	0,5	360	7	1,368
7	1,5	22	0,5	360	5	1,564
8	1,5	36	0,5	360	6	1,441
9	1,5	63	0,5	360	6	1,457

Perbedaan hasil nilai kekasaran permukaan pada setiap perbedaan tekanan dan kecepatan pemakanan.



Gambar 3.2. Grafik tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60.

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

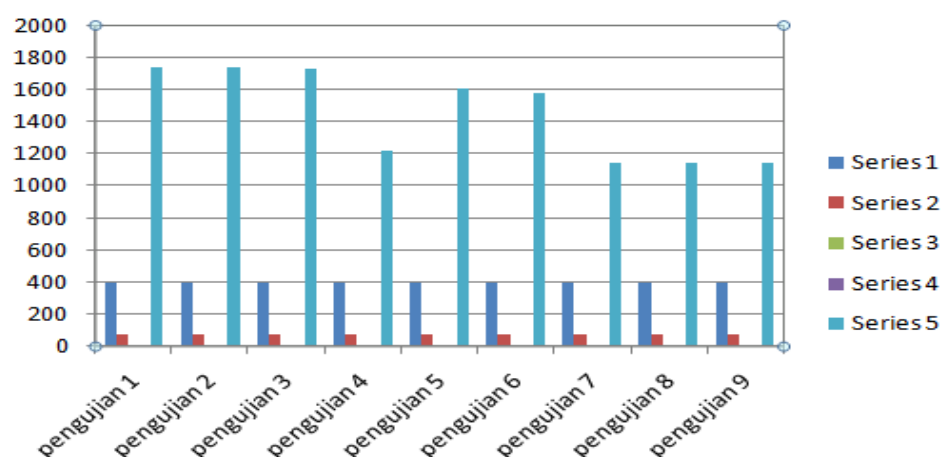
Dari pengujian diatas dapat diambil kesimpulan yaitu Kekasaran yang dihasilkan akibat variasi tekanan udara-dingin adalah yang paling kasar yaitu pada tekanan 0,5 bar dan kecepatan pemakanan 36 mm/min sebesar 1,957 μm , dan tekanan yang paling halus pada tekanan 1 bar dan kecepatan pemakanan 22 mm/min sebesar 0,657 μm . Jadi alat pendingin *cooling system* ini cocok untuk tekanan 1 bar, kecepatan pemakanan 22 mm/min dan kecepatan pemotongan 360 mm/min dengan tingkat kekasaran yaitu sebesar 0,657 μm .

b. Mesin bubut (*turning*)

Hasil pengujian kekasaran material *Stainless Steel AISI 304* dengan menggunakan media pendingin udara-dingin pada mesin bubut konvensional dilakukan dengan 9 buah material menghasilkan tingkat kekasaran (Ra) yang berbeda-beda. Pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat karbida.

Tabel 3.3. Data hasil pengujian kekasaran material *stainless steel aisi 304* media pendingin udara-dingin

No.	Material logam	Cutting speed	Feeding (mm)	Depth of Cut (mm)	Cutting time (mm/menit)	Tingkat kekasaran (rpm)
1.	<i>Stainless Steel AISI 304</i> Media Pendingin Udara-Dingin	400	80	0,7	0,375	1,738
2.		400	80	0,7	0,375	1,737
3.		400	80	0,7	0,375	1,725
4.		400	80	0,7	0,375	1,221
5.		400	80	0,7	0,375	1,601
6.		400	80	0,7	0,375	1,579
7.		400	80	0,7	0,375	1,137
8.		400	80	0,7	0,375	1,139
9.		400	80	0,7	0,375	1,137



Gambar 3.4. Grafik tingkat kekasaran

ITEKS
Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

4. Kesimpulan dan saran

4.1 Kesimpulan

Dari perancangan tentang “Desain Alat Penukar Kalor (*Air to Air cooler*)” Produksi Udara-Dingin untuk Proses Permesinan” penulis dapat merangkai simpulan-simpulan menjadi kesimpulan sebagai berikut :

- Alat *cooling system* dapat menghasilkan temperatur suhu keluaran mencapai 5-8 °C dengan suhu udara masuk dari 28-30 °C, didinginkan dengan suhu 0-5 °C dan suhu ruangan mencapai 28-29.
- Alat *cooling system* dapat bekerja dengan ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi dan proses penggunaannya juga sudah otomatis karena dengan sumber penggerak dilengkapi dengan *control panel*.
- Proses perpindahan panasnya adalah menggunakan proses konveksi.

4.2. Saran

Dari perancangan tentang “Desain Alat Penukar Kalor (*Air to Air cooler*)” Produksi Udara-Dingin untuk Proses Permesinan” masih kurang sempurna, ditinjau dari segi kualitas bahan, penampilan, dan sistem kinerjanya. Oleh karena itu perlu adanya rancangan dan pemikiran yang lebih baik untuk menyempurnakan alat di kemudian hari. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat ini adalah sebagai berikut:

- Dapat mendesain sebuah *cooling system* yang lebih baik agar tidak terjadi *trouble* pada saat dilakukan proses permesinan.
- Membuat rangka bangun yang lebih efektif dan lebih efisien kembali.

5. Daftar Pustaka

- [1] Artono Koestoer, Raldi .”*Perpindahan Kalor*”. Salemba Teknika. Jakarta 2002.
- [2] H. Harsokoesoemo Darmawan, 2004, *Pengantar Perancangan Teknik*, Penerbit ITB, Bandung,2004.
- [3] Rusnaldy, Paryanto, T.S. Utomo and Y. Umardani, 2011, Analysis of air jet cooling effect on the turning process of St 40 steel, *Proceeding of 12th International on Quality in Research*, Bali, Indonesia.
- [4] Y. Su, N. He, L. Li, X.L. Li, An experimental investigation of effects of cooling/lubrication conditions on tool wear in high-speed end milling of Ti-6Al-4 V, *Wear* (2006, in press) (available online 28 February 2006).
- [5] M.A. Sumanto. *Dasar-dasar Mesin Pendingin*. Andi Offset, Yogyakarta,1994.
- [6] F. Stoker Wilbert, W. Jones Jerold, Hara Supratman. “*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*”, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [7] Hasan Syamsuri dkk. *Sistem refrigerasi dan tata udara*. Penerbit Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional,jakarta, 2008.
- [8] MC. Cabe, W.L, Smith, JC, Harriot, P, *Unit Operation of Chemical Enginering*, 4th ed, Mc.Graw-Hill, New York, 1985.
- [9] Sularso 1994, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya paramita. Jakarta,1994.
- [10] Frank Kreith, Arko Prijono, 1994, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.
- [11] White, Frank M.. (1988). *Heat and Mass Transfer*. United States of America. Addison-Wesley.
- [12] Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer 2nd*. Tokyo . McGrow Hill Book Company Inc.
- [13] Holman, JP. Alih bahasa E.Jasifi. “*Perpindahan Kalor*”. Erlangga. Jakarta. 1995.
- [14] R. Pitts Donald, E. Sisson Leighton, *Teori dan Soal-soal Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta, 1987.