

## Performansi Sistem Pendingin Udara pada Pemesinan Baja ST41 Menggunakan Pahat HSS

Gusri Akhyar Ibrahim

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedung H Lt.2, Bandar Lampung 35145 Telp.(0721)7479221  
E-mail: gusri@unila.ac.id

### Abstrak

Proses pemesinan adalah salah satu proses manufaktur yang paling banyak digunakan untuk pembentukan logam dengan cara membuang atau menghilangkan sebagian material dari benda kerjanya. Selama proses pembubutan, panas yang dihasilkan sangat tinggi sehingga berpengaruh terhadap kerusakan pahat dan kualitas permukaan benda yang dipotong. Untuk mengurangi efek suhu terhadap kerusakan pahat maka diaplikasikan udara dingin sewaktu proses pemesinan. Pembubutan dilakukan menggunakan pahat HSS, material uji baja ST41 dan media pendingin system vortex tube (udara dingin bertekanan), yang mampu menghasilkan suhu udara dingin mencapai 14,6°C, 18,5°C, 21,°C. Pemesinan dilakukan pada kecepatan makan (f) 0,1 mm/rev, kecepatan spindel adalah 625(rpm) dan kedalaman potong konstan 2 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bukaan katub vortex tube posisi 2 dan gerak makan 0,11 mm/rev dan kecepatan potong 80,46 m/menit menghasilkan umur pahat mencapai 5,63 menit. Umur pahat tertinggi diperoleh pada saat menggunakan media pendingin vortex tube bukaan 1 dengan gerak potong 0,11 m/rev dan kecepatan potong 88,39m/min sebesar 6,29 menit. Oleh karena itu media pendingin vortex tube dapat meningkatkan umur pahat HSS hingga mencapai 52,76%.

**Keywords:** Pembubutan, baja ST41, HSS, vortex tube, umur pahat.

### Pendahuluan

Proses pemesinan dipandang sebagai salah satu proses manufaktur yang semakin banyak digunakan, terutama untuk proses pengerjaan yang spesifik dan mendapatkan hasil yang presisi (Kalpakjian & Schmid, 2001). Proses permesinan dilakukan dengan cara membuang atau menghilangkan sebagian material dari benda kerjanya sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Rochim, 1993). Salah satu jenis proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pekerjaan khusus adalah mesin bubut, baik untuk kajian penelitian maupun industri manufaktur. Pada proses pembubutan, panas yang dihasilkan sangat tinggi pada pahat dan benda kerja, yang diakibatkan oleh gesekan antara pahat bubut dan benda kerja (Trent, 1995). Panas ini dianggap merugikan proses permesinan karena dapat menyebabkan pahat cepat menjadi aus atau mengalami kerusakan, sehingga kinerja proses permesinan menurun dan meningkatkan biaya produksi (Taufik, 1993). Untuk mengurangi suhu yang dihasilkan sewaktu proses pemesinan yang terjadi akibat gesekan antara pahat dan benda kerja maka diimplementasikan pendinginan udara. Sedang metode pendinginan/mengurangi suhu yang dihasilkan dapat dilakukan dengan secara *wet*

*machining, dry machining, air cooling*, bahkan dengan cara memberikan pelumas dalam jumlah yang kecil (Sreejith et al, 2000). Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengurangi kerusakan pada pahat bubut dan menjaga kualitas benda kerja pada kondisi baik, sekaligus hal ini akan meningkatkan performan pahat bubut. Aplikasi pemilihan jenis dan bahan pahat bubut telah terbukti dapat menjaga umur pahat lebih panjang dan kualitas permukaan yang dihasilkan lebih baik. Sedangkan pemilihan benda kerja sangat bergantung kepada jenis pahat yang akan digunakan (Sreejith, et al. 2000; Paryanto et al., 2010). Penggunaan pahat yang lebih keras akan lebih tahan lama karena memiliki tingkat kerusakan akibat gesekan lebih sedikit. Sedangkan pemilihan benda kerja dan jenis pahat bubut akan sangat menentukan besaran parameter pemotongan yang akan digunakan (Kalpakjian & Schmid, 2001). Oleh sebab itu, pemilihan kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan kedalaman potong adalah sangat penting karena akan menentukan hasil yang diperoleh. Sedangkan faktor lain yang juga memberikan pengaruh terhadap prestasi pahat bubut adalah penggunaan jenis pemesinan dan jenis bahan pendingin/peluma.

Umur pahat merupakan salah satu faktor penting sebagai indikator perkerjaan permesinan termasuk

juga dari segi persisi, akurasi dan *surface finish*. Oleh karena itu dipandang perlu untuk menganalisis pengaruh pengaplikasian udara dingin menggunakan *vortex tube cooler* terhadap tingkat keausan mata pahat (Boswell & Chandratukeje, 2009). Dengan demikian akan diperoleh unjuk kerja *vortex tube cooler* pada pemesinan kering Baja ST 41 menggunakan pahat HSS pada berbagai pemilihan parameter pemotongan.

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Produksi, Laboratorium CNC dan Laboratorium Material Jurusan Teknik mesin Universitas Lampung, sedangkan pengukuran suhu luaran *vortex tube* dilakukan dengan menggunakan termometer, proses pembubutan menggunakan material potong baja ST 41, pahat bubut adalah HSS dan proses pengukuran keausan mata pahat dilakukan menggunakan mikroskop.

Pengukuran suhu sistem pendingin (*vortex tube*) dilakukan dengan menggunakan termometer setelah dialirkan udara bertekanan dari kompresor ke *vortex tube*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan besaran suhu luaran *vortex tube* yang diinginkan. Suhu keluaran *vortex tube* dipengaruhi oleh variasi tekanan udara input *vortex chamber*. Untuk mendapatkan nilai suhu sistem pendingin udara yang akurat maka pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dengan mengambil nilai reratanya. Besaran tekanan udara kompresor yang digunakan untuk menentukan suhu luaran sistem pendingin *vortex tube* adalah 5 bar, 6 bar dan 7 bar. Sedangkan variasi bukaan katup dengan cara memutar baut kontrol sebesar 1 kali putaran (360°), 2 kali putaran dan tiga kali putaran

Proses pembubutan baja ST41 dilakukan pada kecepatan putaran spindel 625 rpm menggunakan pahat HSS dan dalam pemesinan udara dingin (*dry machining*) sebagai pendingin mata pahat. Pemilihan parameter pemotongan dan besaran suhu luaran *vortex tube* yang dihasilkan adalah sebagaimana yang dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter pada penelitian pengukuran keausan mata pahat

Suhu	v (m/min)	f (mm/rev)	d (mm)
± 27°C (S. Ruang)	88,39	0,11	45
14,7°C (Katup I)	88,39	0,11	45
18,5°C (Katup II)	80,46	0,11	41
21,2°C (Katup III)	72,61	0,11	37

Pengukuran aus mata pahat yang terjadi pada saat proses pemotongan, dilakukan menggunakan mikroskop ukur, untuk setiap kali interval pemotongan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan progress aus mata pahat sepanjang proses pemotongan hingga mencapai akhir umur pahat (Kalpakjian & Schmid, 2001). Waktu pemotongan dicatat menggunakan stop watch setiap kali pemotongan, hingga mendapatkan umur pahat potong keseluruhan. Indikator pahat telah mengalami aus sehingga tidak dapat digunakan lagi adalah hingga mencapai nilai VB (haus muka pahat potong) 0,3 mm. Setelah aus pahat mencapai nilai tersebut, pemesinan dihentikan dan ditentukan umur pahat potong.

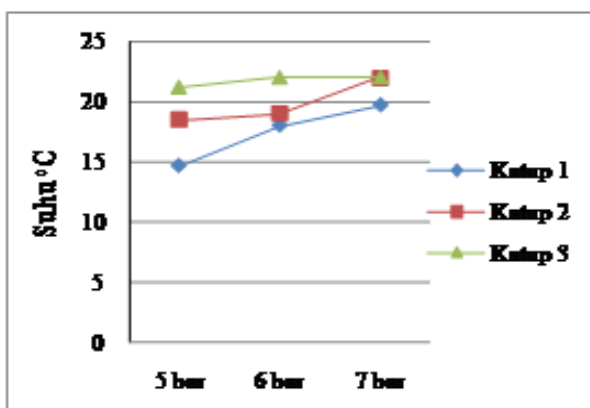
### Hasil dan Pembahasan

#### Unjuk Kerja *Vortex Tube*

Udara dingin yang keluar dari *vortex tube* dipengaruhi oleh laju aliran dari kompresor dan besaran bukaan katup. Udara dingin ini yang digunakan untuk proses pemesinan, yang mana akan memperkecil suhu yang dihasilkan pada saat pemotongan. Tabel 2 menunjukkan bahwa data hasil pengukuran terhadap sistem pendingin *vortex tube*, yang mana dilakukan pada tiga kondisi bukaan katub dan tiga kondisi tekanan udara kompresor. Pada bukaan katup 1 (1 kali putaran) suhu udara dingin yang dihasilkan 14,6°C, yaitu pada tekanan udara kompresor 5 bar. Semakin tinggi tekanan udara kompresor yang digunakan maka tingkat suhu udara keluaran *vortex tube* semakin tinggi pula, hal ini dapat dibuktikan pada tekanan udara kompresor 7 bar, yang menghasilkan suhu udara keluar sistem pendingin mencapai 19,7 °C. Perpindahan panas udara ke permukaan *vortex tube* berlangsung berbanding lurus dengan jumlah udara yang dialirkan (Sreejith, et al. 2000; Paryanto et al., 2010). Oleh karena itu, jumlah udara yang lebih sedikit akan menyebabkan perpindahan panasnya lebih tinggi sehingga menghasilkan udara yang lebih dingin. Fenomena yang sama juga dapat dilihat bukaan katub. Semakin besar bukaan katub yang dipilih maka suhu keluaran *vortex tube* semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa proses perpindahan panas yang berlaku pada sistem semakin sedikit. Oleh karena itu, baik bukaan katub maupun tekanan udara kompresor telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap udara dingin yang dihasilkan oleh *vortex tube* (sistem pendingin udara) (Ibrahim, et al., 2009). Secara rinci pengaruh bukaan katub dan tekanan udara kompresor terhadap udara keluaran sistem pendingin (*vortex tube*) ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2 Suhu hasil pengukuran udara dingin keluaran sistem pendingin *vortex tube*

Katup ( <i>Vortex Tube</i> )	Parameter Kompresor (bar)	Udara Dingin (°C)			Rata-rata
		1	2	3	
1 (360°)	5	14	15	14	14,8
	6	18	18	18	18
	7	19	19,5	19	19,7
2 (720°)	5	18	18,5	19	18,5
	6	19	19	19	19
	7	22	22	22	22
3 (1080°)	5	21	21,5	21	21,2
	6	22	22	22	22
	7	22	22	22	22



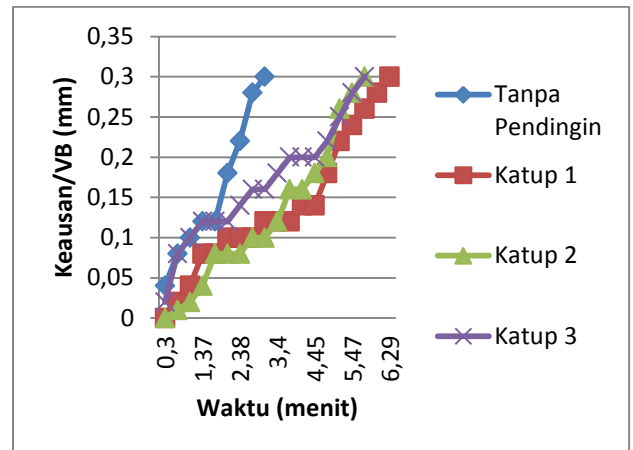
Gambar 2. Udara dingin keluaran vortex tube yang dibandingkan dengan bukaan katup dan tekanan udara kompresor

### Pengaruh Udara Dingin Terhadap Panjang

#### Umur Pahat

Gambar 3 menunjukkan umur pahat potong pada beberapa kondisi pemotongan dan bukaan katup sistem pendingin udara yang diaplikasikan untuk proses pembubutan baja ST 41. Umur pahat potong (HSS) cenderung menurun apabila menggunakan pendingin udara, hal ini dapat diamati pada perbedaan umur pahat setiap bukaan katup. Karena setiap bukaan katup menghasilkan suhu udara yang berbeda, maka hal ini memberikan efek yang berlainan juga terhadap umur pahat. Fenomena lain yang dapat diamati sewaktu pemesinan bahan baja ST 41 pada kondisi menggunakan udara dingin adalah perbedaan kondisi permukaan geram yang dihasilkan. Pada saat udara dingin digunakan, permukaan geram yang dihasilkan lebih halus dibandingkan dengan kondisi tanpa menggunakan udara pendingin. Hal ini dapat pula diamati bahwa kondisi pahat terbakar apabila tanpa menggunakan pendingin, permukaan berwarna hitam akibat gesekan keras dan kecepatan yang tinggi.

Sedangkan pada saat menggunakan udara dingin, permukaan pahat tidak memberikan kesan terbakar secara ketara, hal ini mungkin disebabkan karena pengaruh pendingin pada saat proses pemesinan, suhu yang dihasilkan akan lebih rendah. Sebagaimana yang dinyatakan oleh peneliti sebelumnya bahwa penggunaan pendingin/pelumas berefek signifikan terhadap permukaan bahan yang dipotong, karena pendingin telah mengurangi suhu pemotongan [6a]. Namun dikatakan bahwa udara dingin sukar untuk mencapai daerah zona ujung pahat potong.



Gambar 3. Umur pahat potong beberapa kondisi pemotongan dan bukaan katup sistem pendingin udara.

Umur pahat yang diperoleh pada proses pemesinan bubut dengan menggunakan media pendingin *vortex tube* katup 1 yaitu sebesar 6,29 menit, sedangkan umur pahat terendah sebesar 2,86 menit tanpa menggunakan media. Dengan demikian telah terjadi peningkatan umur pahat sebesar 52,76 % dengan menggunakan media pendingin udara. Pada proses pemesinan bubut menggunakan katup 2 dengan panjang umur pahat 5,63 menit terjadi penurunan keausan pahat dengan presentase 11 % terhadap bukaan katup 1, panjang umur pahat 5,60 menit menggunakan media pendingin katup 3 mengalami penurunan presentase 0,3 % terhadap bukaan katup 2. Suhu udara dingin yang dihasilkan *vortex tube* selain menurunkan temperatur pada ujung pahat bubut sewaktu pemesinan, juga dapat mengurangi gesekan antara pahat bubut dan benda kerja (Ibrahim, et al., 2009). Peningkatan efektifitas penggunaan udara sebagai pendingin dapat dilakukan dengan menurunkan temperatur udara yang digunakan sebagai media pendingin (Paryanto et al., 2010).

Pencapaian temperatur udara dari sistem pendingin yang rendah akan menyebabkan delta temperatur antara temperatur pahat/geram dengan media pendingin semakin besar, sehingga kondisi ini akan meningkatkan efektifitas proses pendinginan. Hanya saja untuk mendapat udara dingin dari sistem

pendingin (*vortex tube*) yang stabil memerlukan waktu yang relative lama, sebagaimana yang dinyatakan oleh Boswell (2009), udara dingin yang dapat dihasilkan oleh tabung *vortex* akan mencapai kondisi tetap (*steady*) setelah *vortex tube* beroperasi selama 1,5 menit. Karena prinsip kerja tabung *vortex* berdasarkan sistem termodinamika, maka efektifitas udara dingin yang dihasilkan akan sangat tergantung dengan laju aliran massa, densitas udara dan kecepatan udara.

### Aus Pahat Bubut

Gambar 4 menunjukkan perbedaan geometri pahat potong yang telah mengalami aus (setelah proses pemotongan) dan sebelum pemotongan. Gambar 4a adalah kondisi pahat potong yang belum mengalami aus, atau pahat yang masih dalam kondisi baru, sehingga belum ada kerusakan pada permukaan pahat potong. Sedang Gambar 4b, kondisi pahat yang telah mengalami aus atau rusak (telah mengalami aus muka rusuk sebanyak 0,3 mm). Kerusakan atau aus muka rusuk pada permukaan pahat secara dominan mengalami aus abrasif bahkan mengalami kerusakan parah pada ujung pahat potong. Suhu yang tinggi sewaktu proses pemotongan dan tekanan pahat potong keatas benda kerja menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan pada ujung pahat potong (Sanvik, 2003).

Kerusakan pahat potong hingga mencapai patah pada ujung pahat potong disebabkan oleh tingginya beban pada ujung pahat potong.

Hasil pengamat kerusakan pahat potong di bawah mikroskop optic, didapati bahwa Selain proses abrasif, keausan yang terjadi pada proses pembubutan aus adhesif, yang dimana ditemukannya beberapa bahan potong melekat pada permukaan pahat potong. Gaya adhesi ini dapat mengakibatkan penumpukan bahan pada mata potong, yang terkenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*). BUE yang terbentuk pada pahat potong bersifat merugikan, karena akan memperburuk kondisi permukaan yang dimesin, karena permukaannya akan menjadi lebih kasar (Pawlik et al., 2002).



**Gambar 4.** Perbedaan keadaan pahat HSS yang digunakan untuk membubut ST 41 hingga mencapai nilai  $VB = 0,3$  mm

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai unjuk kerja sistem pendingin atau *vortex tube* pada proses pemesinan kering baja ST41 dan keausan pahat HSS maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Suhu udara dingin yang dihasilkan mencapai  $14,6^{\circ}\text{C}$ , yaitu pada tekanan udara kompresor 5 bar, semakin tinggi tekanan udara kompresor yang digunakan maka tingkat suhu udara keluaran *vortex tube* semakin tinggi pula.
2. Semakin besar bukaan katub yang dipilih maka suhu keluaran *vortex tube* semakin besar, karena proses perpindahan panas yang berlaku pada sistem semakin sedikit, baik bukaan katub maupun tekanan udara kompresor telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap udara dingin yang.
3. Umur pahat tertinggi diperoleh pada suhu udara  $14,67^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan potong  $88,39$  m/min yaitu selama 6,29 menit, sedangkan umur pahat terendah diperoleh pada saat pemotongan tanpa menggunakan pendingin dengan kecepatan potong  $88,39$  m/min yaitu selama 2,86 menit.
4. Kerusakan pahat yang signifikan diperoleh setelah melakukan proses pemotongan bahan ST 41 yaitunya pahat potong mengalami patah pada ujung potong sebagai akibat dari suhu yang tinggi dan tekanan pada saat pemotongan.

### Daftar Pustaka

- S. Kalpakjian and S.R. Schmid: Manufacturing Engineering and Technology International Edition, Prentice Hall, USA (2001).
- Rochim T. Proses Permesinan. Higher Education Development Support Project. Jakarta (1993)
- E.M. Trent: Metal Cutting, 3rd edition, Oxford: Butterworth-Heinemann (1995).
- Rochim, Taufiq, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, HEDS, Jakarta, (1993)
- Sreejith, P.S and Ngoi, B.K.A. Dry machining, machining of the future. Journal of Materials Processing Technology (2000).
- Paryanto, Rusnaldy, Utomo, T.S., Umardani, Y., Aplikasi air jet cooling pada proses pemesinan

logam, Prosiding Seminar Nasional Teknoin: Green Technology, Yogyakarta, pp. E.91 – E.98, (2010),

Boswell, B., Chandratilleke, T.T., Air-cooling used for metal cutting, American Journal of Applied Sciences 6 (2), pp. 251 – 262. (2009),

Olortegui J. A. and Kwon P. Y., Tool wears mechanisms in machining. Int. J. Machining and Machinability of Materials 2; 3. (2007)

G.A. Ibrahim, C.H. Che Haron and J.A. Ghani: International Journal of Mechanical and Materials Engineering Vol. 2 (2009), p. 35-41

Sanvik Coromant, 2003, Technical Information: Tool Wear, 12 Maret 2004.

<<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/products/steeltung/pdf/>>.

Pawlik, A., et al. 2002, Tool Life Experiment, 12 Maret 2004,

<[www.personal.psu.edu/users/h/hhw103/Groupreport.pdf](http://www.personal.psu.edu/users/h/hhw103/Groupreport.pdf)>.