

KUALITAS PERMUKAAN HASIL PEMBUBUTAN DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT BUBUT HASIL PENGEMBANGAN

Oleh:

Maftuchin Romlie¹

Sunomo²

Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang;

E-mail : maftuchinromlie@ymail.co.id¹ ; sunomo@um.ac.id²

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas permukaan (kehalusan) hasil pembubutan dengan menggunakan pahat hasil pengembangan, yang pada akhirnya diperoleh parameter pembubutan yang tepat dengan menggunakan pahat pengembangan. Geometri pahat yang akan dilakukan pembentukannya adalah (a) sudut pembuangan tatal dan (b) sudut sisi depan ujung pahat dengan mesin freis dan khusus (*tool grinding machine*). Bahan pahat yang digunakan adalah baja *pre heating* produk ASSAB dengan kode produk ASP 28 (1,28% C, 4,2% Cr, 3,10% V, 5% Mo, 6,4% W, dan 8,5% Co) dengan tingkat kekerasan 62-63 HRc setelah ditemper. Proses pembubutan dilakukan tanpa media pendinginan dengan pembubutan *orthogonal*, dua putaran spindle (370 rpm dan 630 rpm) dan laju pemakanan 0,04 mm/putaran). Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kualitas kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh sudut pembuangan tatal dan sudut sisi depan ujung pahat tetapi putaran spindle tidak berpengaruh. Geometrik yang menghasilkan paling halus adalah sudut pembuangan tatal sebesar 16° dan sudut sisi depan ujung pahat 75°, dan putaran spindle 630 rpm.

Kata-kata kunci: Geometrik pahat, tingkat kekasaran permukaan, baja ASP28

Bahan-bahan alat potong yang umum dipakai dalam pemesinan termasuk pahat pada pekerjaan yang menggunakan mesin bubut adalah (a) baja karbon tinggi, (b) baja kecepatan tinggi, dan (c) karbida coran beserta variasinya (Schey, 2009 dan Vlack, L.H.V. 1986). Baja kecepatan tinggi (HSS) yang paling sering digunakan karena penyiapannya relatif mudah dilaksanakan dan bahan praktikum yang digunakan adalah baja karbon rendah. Pahat yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik (ukuran tepat) dan ekonomis (waktu yang diperlukan pendek). Secara umum, pahat harus memiliki sifat

yang berlawanan dengan benda kerja, sifat-sifat tersebut menurut Schey (2009) antara lain (a) pahat harus lebih keras dibandingkan dengan unsur yang paling keras dari benda kerja, bukan hanya pada suhu ruang, namun juga pada suhu pengoperasian, (b) ketangguhan (*toughness*) diartikan sebagai kemampuan (sifat) untuk menyerap energy sebelum patah, dan (c) ketahanan terhadap kejutan termal diperlukan saat terjadi pemanasan dan pendinginan yang cepat dalam pemotongan terputus-putus. Bahan pahat dikembangkan geometriaknya adalah baja HSS produk ASSAB dengan kode produk ASP 28 memiliki kandungan 1,28% C, 4,2% Cr,

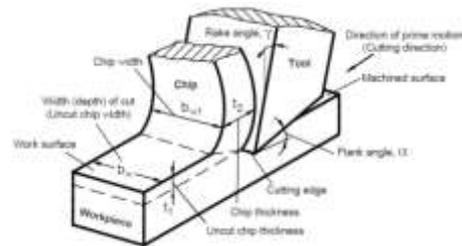
3,10% V, 5% Mo, 6,4% W, dan 8,5% Co, serta tingkat kekerasan setelah tempering sekitar 62-67HRc.

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindle (*speed*), gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang dapat diatur oleh operator secara langsung pada mesin bubut. Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindel) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotations per minute*, rpm).

Geometri/bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut pembuangan tatal (*rake angle*) besarnya $\pm 15^\circ$, sudut bebas (*clearance angle*) besarnya $\pm 5^\circ$, dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*) besarnya $\pm 15^\circ$, sudut tatal samping besarnya $10\text{--}12^\circ$, serta sudut tatal belakang besarnya $8\text{--}10^\circ$ (Schey, 2009 dan Widarto, 2009). Sudut-sudut pahat HSS dibentuk dengan cara diasah menggunakan mesin gerinda pahat (*Tool Grinder Machine*). Sedangkan bila pahat tersebut adalah pahat sisipan (*insert*) yang dipasang pada tempat pahatnya. Selain geometri pahat tersebut pahat bubut dapat juga diidentifikasi berdasarkan letak sisi potong (*cutting edge*) yaitu pahat tangan kanan (*Right-hand tools*) dan pahat tangan kiri (*Left-hand tools*).

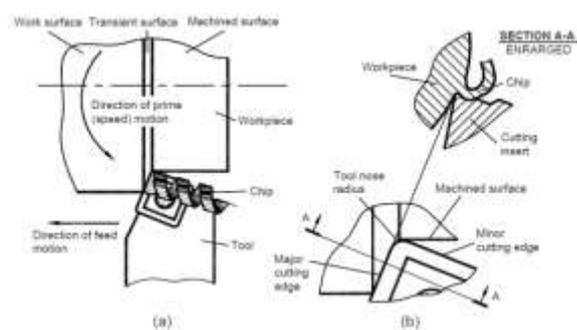
Metode penyayatan pada pembubutan permukaan rata dapat

dilakukan dengan dua cara, yaitu (a) penyayatan lurus (*orthogonal*) (Gambar 1) dan (b) penyayatan miring (*oblique*) (Gambar 2). Penyayatan lurus menghasilkan gaya searah dengan gerak laju makan, sedangkan penyayatan miring menghasilkan gaya searah dengan gerak laju makan dan arah tegak lurus sumbu putaran spindle.



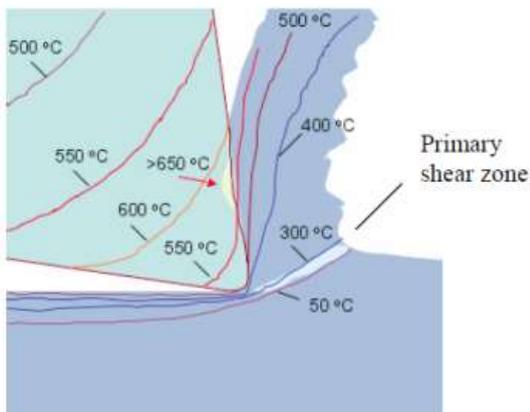
Gambar 1 Penyayatan Lurus (diadaptasi dari Astakhov dan Davim, 2008)

Pembubutan benda kerja yang berdiameter kecil dan memiliki tegangan lentur rendah, maka disarankan dilakukan pembubutan dengan metode penyayatan lurus. Jika dilaksanakan dengan penyayatan miring, kelenturan benda kerja akan menyebabkan hasil pembubutan yang berdiameter lebih kecil pada bagian yang lentur. Demikian pula bila digunakan untuk benda kerja rapuh, akan berakibat benda kerja patah melintang.



Gambar 2 Penyayatan Miring (diadaptasi dari Astakhov dan Davim, 2008)

Pemotongan logam dengan prosedur penyayatan berakibat menimbulkan panas. Prinsip sumber panas terletak di daerah geser utama dalam tatal yang terbentuk dan dalam kontak gesekan antara tatal dan pahat (daerah geser sekunder), dan suhu tertinggi tercapai diakibatkan adanya gesekan (sekunder) antara permukaan pahat dengan tatal (Gambar 3). Umumnya, seluruh gaya pemotongan terkait dengan kecepatan potong (*cutting speed*) dan gerak makan (*feed*). Oleh karena itu pahat harus mampu mempertahankan sifat mekanis pada temperatur tersebut. Sifat klasik hampir semua logam, kekuatannya (kekerasan dan kekuatan tarik) akan menurun seiring dengan naiknya temperatur.

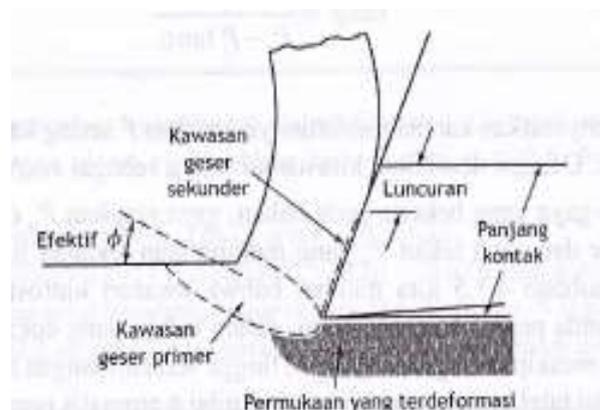


Gambar 3 Distribusi Temperatur pada Sisi Potong Pahat HSS (diadaptasi dari Hogmark dan Olsson)

Proses pembubutan, pembentukan tatal sebagian besar dipengaruhi oleh panas dan gesekan yang dihasilkan dalam daerah kontak antara muka atas pahat dan permukaan benda kerja. Pendinginan konvensional tidak efisien untuk mencegah peningkatan panas yang ekstrim pada daerah penyayatan. Dibandingkan dengan pendingin konvensional, ide pemberian

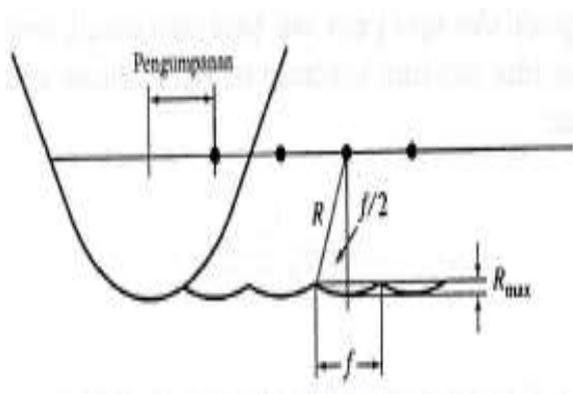
media pendingin yang dipaksakan adalah untuk memberikan semprotan pendingin tekanan tinggi dari emulsi di daerah penyayatan.

Salah satu proses manufaktur yang paling utama adalah proses pemotongan logam. Black, J T dalam Hayajneh dkk (2007) menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan pemotongan logam adalah pemotongan benda kerja (logam) yang menghasilkan tatal dalam rangka untuk mendapatkan produk jadi dengan bercirikan yang diinginkan, yaitu ukuran, bentuk, dan kekasaran permukaan. Indikator kualitas adalah tingkat kekasaran permukaan, sedangkan indikator ukuran dan bentuk dapat diketahui dengan pengukuran secara langsung. Dalam proses pemotongan, sebagian besar logam mengalami pengerasan regangan saat terdeformasi. Bidang geser meluas menjadi *kawasan geser* (biasanya disebut kawasan geser primer) (Gambar 4). Tebal kawasan geser lebih besar untuk bahan yang mengalami pengerasan regangan dan juga untuk bahan dengan kepekaan laju regangan yang tinggi. Kondisi tersebut menaikkan energy yang dikeluarkan untuk geseran akan menaikkan suhu dan mengurangi tegangan alir bahan.



Gambar 4 Proses Pembentukan Tatal (diadaptasi dari Schey, 2009)

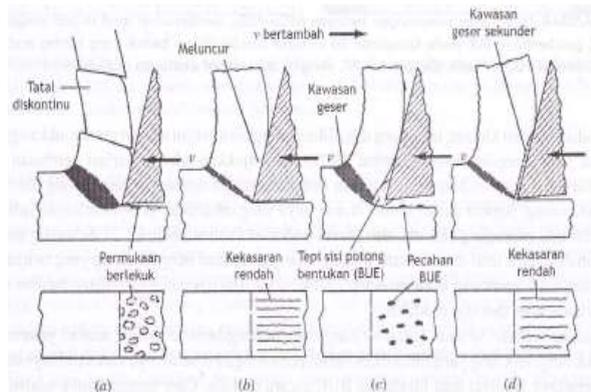
Proses pemesinan bertujuan untuk membuat komponen dengan bentuk tertentu, dengan dimensi dan toleransi dimensional tertentu. Agar komponen yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik, masalah kualitas permukaan juga perlu diperhatikan. Selain pertimbangan geometris, kondisi permukaan yang dihasilkan harus bebas cacat seperti retakan, tidak memiliki tegangan sisa yang merugikan, dan terbebas dari pengaruh perubahan-perubahan metalurgi. Kondisi yang tidak diharapkan tersebut dapat berpengaruh lebih besar lagi jika komponen tersebut dioperasikan dalam kondisi yang kurang mendukung, antara lain menerima pembebanan kejut. Permukaan komponen yang dihasilkan melalui pemotongan orthogonal atau miring idealnya adalah permukaan yang halus atau dengan tingkat kekasaran nol. Bila pahat bubut dengan jari-jari R digerakkan dengan pengumpanan (gerak makan) f di antara sejumlah pemotongan yang berurutan, maka nilai kekasaran melintang idealnya dapat dihitung dengan mempertimbangkan geometrinya (Gambar 5).



Gambar 5 Ilustrasi Kekasaran Permukaan (diadaptasi dari Schey, 2009)

Berdasarkan Gambar 5 tersebut, untuk mendapatkan kualitas permukaan yang lebih halus dapat dilakukan dengan memperkecil laju gerak makan f atau menaikkan putaran spindle. Metode tersebut menyebabkan over step pahat menjadi lebih tinggi, sehingga proses penyayatan memerlukan waktu lebih lama (produktivitas menurun), sehingga sesuai untuk penyayatan akhir (finishing). Sedangkan pada pemotongan pendahuluan dibutuhkan kecepatan tinggi dengan menaikkan laju gerak makan f dan menghasilkan kualitas permukaan lebih kasar.

Selain nilai kekasaran ideal adalah karakteristik dari proses pembentukan tatal, yang mengakibatkan adanya tingkat kekasaran tertentu dalam arah membujur dan juga perubahan profil permukaan dalam arah melintang. Menurut Schey (2009) ada beberapa hal yang dapat diamati. *Pertama*, dalam melakukan pemotongan dengan kecepatan yang sangat rendah dan biasanya disertai dengan pembentukan tatal diskontinyu, permukaan yang dihasilkan menjadi berlekuk (Gambar 6-a) dan retakan dapat muncul melintang terhadap arah pemotongan. *Kedua*, jika kecepatan cukup rendah, dengan diberi pendingin yang dapat mencapai posisi di muka sisi potong maupun pada telapak pahat dan berperan sebagai pelumas, maka tatal akan meluncur pada muka sisi pahat. Hasil penyayatan yang baru terbentuk adalah mulus (Gambar 6-b), demikian pula bagian bawah tatal. Tatal yang dihasilkan tetap kontinyu namun bagian dalamnya bergerigi, yang menunjukkan bahwa tatal terbentuk karena penggeseran.



Gambar 6 Proses Pembentukan Tatal dan Kualitas Permukaan (diadaptasi dari Schey, 2009)

Ketiga, dalam pemotongan dengan tepi sisi potong bentukan (*BUE: built-up edge*) berperan seperti perpanjangan alat iris (pahat), sehingga sudut tatal efektif menjadi lebih besar. Pada kondisi tersebut, pecahan-pecahan yang mengalami pengerasan akan terpatri dengan permukaan, menutupi 5-10%-nya (Gambar 6-c). Bentuk kualitas permukaan tersebut diperoleh pada pembubutan kecepatan sedang, proses geseran terjadi di sepanjang bahan stasioner yang menempel pada muka sisi potong pahat. Kerugian dimensionalnya lepas control dan karena *BUE* secara periodik tidak stabil, sehingga terkadang menciptakan gundukan logam dan keretakan di baliknya, maka permukaan yang dihasilkan pun buruk. Keempat, bila yang terbentuk adalah tatal kontinu tanpa terjadinya *BUE*, konfigurasi permukaan hampir mendekati ideal, sekalipun keausan atau terkelupasnya *BUE* pahat dapat menaikkan nilai kekasaran dalam arah melintang (Gambar 6-b dan d). Pada kecepatan yang semakin tinggi, bahan *BUE* menjadi lebih panas dan melunak, kemudian secara bertahap menghilang dan berubah menjadi kawasan geser sekunder.

METODE PENELITIAN

Eksperimen ini dilaksanakan untuk mengetahui kualitas permukaan hasil pembubutan dengan menggunakan pahat hasil pengembangan. Variabel yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah (a) sudut pembuangan tatal, (b) sudut sisi depan ujung pahat, (c) putaran spindle dan (d) angka kekasaran. Sedangkan faktor yang dikontrol adalah (a) bahan pahat ASP 28 (1,28% C, 4,2% Cr, 3,10% V, 5% Mo, 6,4% W, dan 8,5% Co) dengan tingkat kekerasan 62-67 HRc setelah distemper, (b) kedalaman penyayatan sebesar 0,5 mm, dan (c) laju pemakanannya sebesar 0,04 mm/putaran. Baja tersebut dibentuk menjadi geometri pengembangan, yaitu sudut pembuangan tatal sebesar 12°, 14°, 16°, 18°, dan 20°, dan sudut sisi depan ujung pahat sebesar 75° dan 80° ketika belum dikeraskan. Setelah dibentuk dengan variasi geometri yang dirancang, maka pahat dikeraskan (*quenching*) dalam dapur *vacuum* pemanas dengan temperatur 1150° C.



Gambar 7 Geometrik Pahat Pengembangan

Tempat pembentukan specimen dilaksanakan di workshop Jurusan Teknik Mesin menggunakan (a) mesin freis vertikal untuk pembentukan sudut pembuangan tatal, (b) mesin gerinda alat untuk pembentukan

Tabel 1 Rata-Rata Kekasaran Permukaan

No	Putaran Spindel	Sudut Sisi Depan	Sudut Pembuangan Total					Rata-Rata
			12°	14°	16°	18°	20°	
1	RPM 370	80°	3.19	2.48	2.23	2.77	1.55	2.44
		75°	2.39	2.03	1.96	2.41	2.75	2.31
2	RPM 630	80°	3.60	3.16	2.32	2.52	2.57	2.83
		75°	3.16	1.93	1.63	1.49	1.75	1.99
Rata-rata			3.08	2.40	2.03	2.30	2.16	2.39

geometric sudut sisi depan ujung, (c) dapur pemanas vacuum (di workshop Baja ASSAB Jakarta untuk perlakuan panas pengerasan, (d) mesin bubut untuk pembubutan benda kerja (specimen benda uji) yang akan diukur tingkat kekasarannya, (e) alat ukur kekasaran permukaan (*surface roughness test type SJ 301P*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis deskriptif yang meliputi rata-rata tingkat kekerasan berdasarkan faktor sudut pembuangan total, sudut sisi depan dan besarnya putaran spindel. Ringkasan hasil analisis deskriptif disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut diketahui bahwa rata-rata kekasaran permukaan baja As (ST 37) yang dikerjakan dengan mesin bubut sebesar 2.39 μm . Kekasaran tersebut termasuk tingkat kekasaran sedang (antara N8 dan N7), khususnya hasil pekerjaan yang menggunakan mesin bubut (berdasarkan Surface Roughness Table). Kondisi paling rendah tingkat kekasarannya (halus) didapat dari pembubutan yang putaran spindelnya 630 rpm dan sudut pembuangan total 18° serta sudut sisi depan ujung pahat sebesar 75° yaitu sebesar 1.49 μm , termasuk tingkat halus (N7).

Perbandingan kekasaran permukaan berdasarkan sudut pembuangan total pada pahat, maka derajat paling halus diperoleh dengan menggunakan pahat sudut 16° yaitu 2.03 μm , sebaliknya paling kasar adalah 3.08 μm diperoleh dari pahat yang sudutnya 12°. Berdasarkan data tersebut sudut pembuangan total ideal adalah 16°, karena sudut yang diperkecil maupun diperbesar kekasarannya makin tinggi. Jika diperhatikan lebih lanjut berdasarkan sudut sisi depan ujung pahat diperoleh kondisi bahwa sudut yang 75° hasilnya lebih halus dibanding sudut 80°. Dengan kata lain lebih runcing pahat lebih halus. Demikian pula ditinjau berdasarkan putaran spindelnya, yaitu makin tinggi putaran spindle (630 rpm) makin halus tingkat kekasarannya dibanding putaran spindle 370 rpm.

Hipotesis nihil pertama berbunyi “Tidak ada pengaruh besar sudut pembuangan total pahat, sudut sisi depan ujung pahat dan putaran spindle terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan”. Untuk menguji hipotesis tersebut dilakukan dengan *univariate analysis of variance*, hasil analisis menunjukkan bahwa signifikansinya kurang dari 0.05%. Dengan demikian hipotesis alternatif yang berbunyi “Ada pengaruh

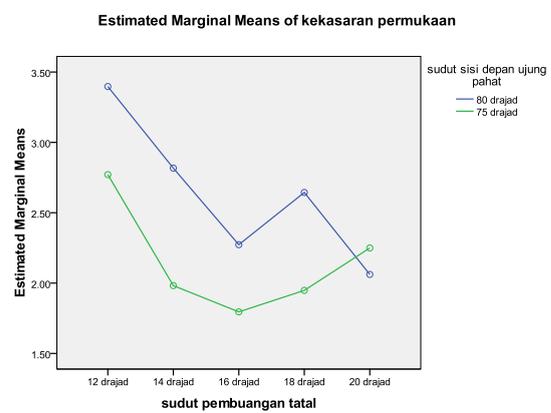
besar sudut pembuangan tatal pahat, sudut sisi depan ujung pahat dan putaran spindle terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan” diterima. Artinya tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh besar sudut pembuangan tatal pahat, sudut sisi depan ujung pahat dan putaran spindle.

Sedangkan pengaruh efek sederhana dari masing-masing faktor dapat diketahui, yaitu pengaruh faktor besarnya sudut pembuangan tatal pahat dan sudut sisi depan ujung pahat terhadap tingkat kekasaran permukaan adalah signifikan ($\text{sign} < 0.05$), tetapi pengaruh putaran spindle tidak signifikan ($\text{sign} > 0.05$). Namun demikian pengaruh sederhana secara spesifik antara besar sudut pembuangan tatal, sudut sisi depan ujung pahat dan putaran spindle secara sendiri-sendiri terhadap tingkat kekasaran permukaan dilakukan pada pengujian hipotesis kedua, ketiga dan keempat.

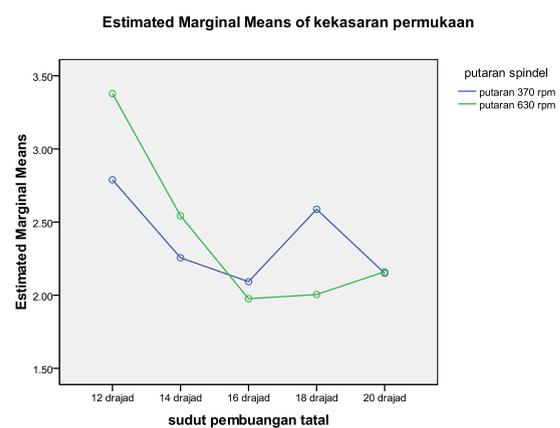
Selanjutnya berdasarkan interaksinya untuk 2 faktor dan 3 faktor pengaruhnya signifikan ($\text{sign} < 0.05$). Ilustrasi gambaran interaksi antar faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan seperti Gambar 8 dan Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 8 tersebut diketahui bahwa tingkat kekasaran yang dihasilkan pembubutan dengan sudut sisi depan ujung pahat sebesar 75° pada umumnya lebih halus, kecuali pada pahat yang sudut pembuangan tatal sebesar 20° hasilnya lebih kasar. Hasil yang paling rendah tingkat kekasarannya didapat dari pahat yang sudut pembuangan tatalnya sebesar 16° . Demikian pula pada pahat yang sudut sisi depan sebesar 80° .

Berdasarkan Gambar 9 tersebut diketahui bahwa tingkat kekasaran yang dihasilkan pembubutan dengan putaran spindle pengaruhnya tidak konsisten. Hasil yang paling rendah tingkat kekasarannya didapat dari pahat yang sudut pembuangan tatalnya sebesar 16° baik pada putaran spindle sebesar 370 maupun 630 rpm, tetapi putaran 630 rpm hasilnya lebih rendah kekasarannya (halus).



Gambar 8 Pengaruh Faktor Sudut Pembuangan Tatal dan Sudut Sisi Depan Ujung Pahat terhadap Kekasaran



Gambar 9 Pengaruh Faktor Sudut Pembuangan Tatal dan Putaran Spindel terhadap Kekasaran

Hipotesis nihil kedua berbunyi “Tidak ada pengaruh besar sudut pembuangan tatal pahat terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan”. Untuk menguji hipotesis tersebut dilakukan dengan uji statistik anova satu jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa signifikansinya kurang dari 0.05%. Dengan demikian hipotesis alternatif yang berbunyi “Ada pengaruh besar sudut pembuangan tatal pahat terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan” diterima. Artinya tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh besarnya sudut pembuangan tatal. Untuk mengetahui besar sudut yang berpengaruh terhadap kualitas kekasaran permukaan dilakukan uji lanjut dengan uji scheffe. Berdasarkan analisis tersebut diketahui bahwa kekasaran yang berbeda dengan signifikan adalah sudut 12° berbeda dengan sudut lainnya, sedangkan konfigurasi lainnya tidak signifikan. Berdasarkan rerata maka yang paling rendah kekasarannya (2.03 μm) adalah yang dihasilkan dengan pahat yang sudut pembuangan tatal sebesar 16°.

Hipotesis nihil ketiga berbunyi “Tidak ada pengaruh besar sudut sisi depan ujung pahat terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan”. Untuk menguji hipotesis tersebut dilakukan dengan uji t. Berdasarkan signifikansinya kurang dari 0.05%, maka hipotesis alternatif yang berbunyi “Ada pengaruh besar sudut sisi depan ujung pahat terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan” diterima. Artinya tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh besarnya sudut sisi depan ujung pahat. Untuk mengetahui besar sudut yang menghasilkan kualitas kekasaran permukaan lebih halus dengan memperhatikan

kekasaran rata-rata. Dengan memperhatikan nilai rata-rata kekasarannya maka pahat yang memiliki sudut sisi depan ujung sebesar 75° (2.15 μm) lebih baik dibanding dengan sudut 80° (2.64 μm). Artinya pahat yang sudut sisi depannya lebih kecil menghasilkan kekasaran permukaan lebih halus.

Hipotesis nihil ketiga berbunyi “Tidak ada pengaruh putaran spindel terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan”. Untuk menguji hipotesis tersebut dilakukan dengan uji t. Berdasarkan analisis tersebut diketahui bahwa signifikansinya lebih besar dari 0.05%. Dengan demikian hipotesis alternatif yang berbunyi “Ada pengaruh putaran spindel terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan” tidak diterima. Artinya tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan tidak dipengaruhi oleh putaran spindel. Artinya putaran spindle 370 dan 630 rpm menghasilkan kekasaran permukaan kurang lebih sama.

Metode penyayatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penyayatan lurus (*orthogonal*) dan pahat bubutnya HSS (ASP28), sehingga gaya yang bekerja searah dengan sumbu putaran spindel. Sedangkan geometrik pahat yang digunakan memiliki sudut pembuangan tatal 12°, 14°, 16°, 18° dan 20°, serta sudut sisi depan ujung pahat bersudut 75° dan 80°. Variasi putaran spindel menggunakan 2 variasi yaitu 370 rpm dan 630 rpm, seharusnya secara teoritis putaran spindelnya 405 rpm dengan diameter 25,4 mm (1 inchi). Kondisi mesin bubut tidak tersedia putaran spindel yang sesuai, maka digunakan putaran yang terdekat. Sementara itu laju gerak makan yang dipilih adalah laju yang paling rendah

yaitu 0,04 mm/putaran dengan kedalaman penyayatan sebesar 0,5 mm.

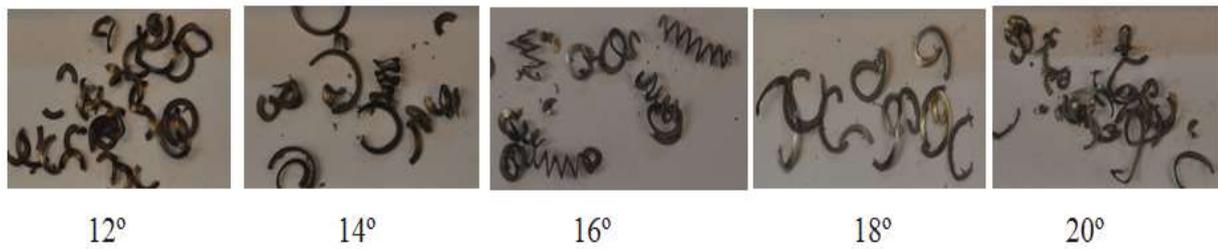
Temuan penelitian ini adalah kekasaran permukaan hasil pemesinan dengan mesin bubut dipengaruhi oleh besarnya sudut pembuangan tatal pada pahat. Tingkat kekasaran permukaan terdapat perbedaan antara sudut pembuangan tatal 12° dengan 14°, 16°, 18° maupun 20°. Hasil pembubutan terbaik yang ditemukan dalam penelitian ini adalah yang menggunakan pahat bersudut 16° dengan tingkat kekasaran rata-rata sebesar 2.09 μm . Hasil penelitian Hermawa (2003) yang menggunakan pahat HSS (*High Speed Steel*) menyimpulkan bahwa sudut *rake angle* (sudut pembuangan tatal) sangat berpengaruh terhadap material hasil bubut, semakin besar sudut *rake angle* (pahat lebih runcing) maka tingkat kekasaran permukaan benda kerja menjadi semakin halus. Sementara itu menurut Schey (2009) bahwa besarnya sudut pembuangan tatal $\pm 15^\circ$. Menurut standar dari Maryland Metrics, kekasaran sebesar 2.09 μm termasuk grade antara N7 (1.6 μm) dan N8 (3.2 μm) dengan sebutan kekasaran sedang.

Secara umum, pahat harus memiliki sifat yang berlawanan dengan benda kerja, sifat-sifat tersebut menurut Schey (2009) adalah (a) pahat harus lebih keras dibanding benda kerja, (b) ketangguhan (*toughness*) yaitu kemampuan menyerap energy sebelum patah, dan (c) ketahanan terhadap kejutan termal saat terjadi pemanasan dan pendinginan cepat. Temuan dalam penelitian menunjukkan bahwa pahat yang bersudut 12° dan 14° dengan kekasaran sebesar 2.79 dan 2.26 μm (bentuk pahat bersudut lebih besar dibanding lainnya) menghasilkan kekasaran permukaan lebih tinggi. Pahat yang memiliki ujung potong

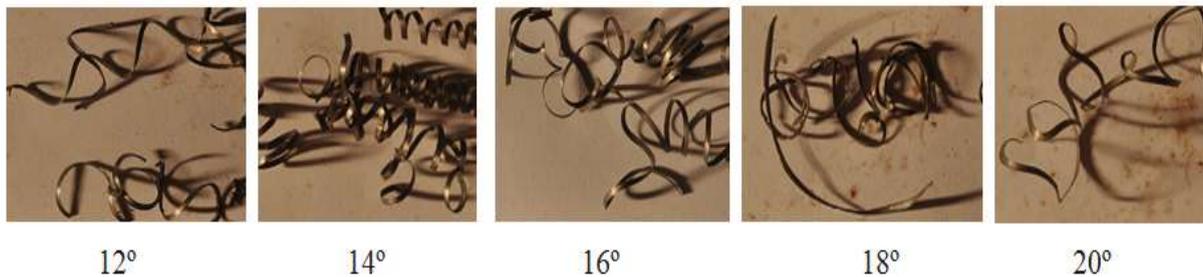
lebih tumpul maka ketajamannya lebih rendah dibanding dengan pahat yang runcing. Namun demikian bila pahat sangat runcing, maka luas penampang menumpu beban kerja penyayatan lebih kecil dan sangat rentan terhadap deformasi, sehingga menyebabkan ujung pahat mudah patah karena ketangguhan berkurang. Pahat yang bersudut 18° dan 20° (2.59 dan 2.15 μm) menghasilkan kekasaran lebih tinggi dibanding yang bersudut 16° (2.09 μm), hasil yang lebih tingkat kekasarnya mungkin disebabkan oleh ujung pahat patah.

Pada pengamatan visual ketika proses penyayatan berlangsung diketahui bahwa sebagian besar tatal meluncur pada permukaan benda kerja, sehingga permukaan benda kerja lebih kasar dibanding seharusnya. Sedangkan jenis tatalnya pada sudut pembuangan tatal 16° terbentuk tatal kontinyu. Perhatikan Gambar 10, jenis tatal pada sudut pembuangan tatal selain 16° terlihat jenis tatal diskontinyu dengan tekstur kekasaran permukaan lebih kasar. Sementara itu bagian dalam tatal teksturnya bergerigi, yang menunjukkan bahwa tatal terbentuk karena penggeseran. Pada putaran spindle lebih tinggi (630 rpm), terlihat tatalnya lebih kontinyu (Gambar 11) dibanding dengan putaran spindle 370 rpm. Disamping tatalnya lebih kontinyu, kualitas permukaan benda kerja juga lebih halus, yaitu 3.38 μm (12°), 2.54 μm (14°), 1.98 μm (16°), 2.00 μm (18°), dan 2.16 μm (20°).

Berdasarkan data pengukuran tingkat kekasaran permukaan dan bentuk tekstur tatal dan kontinuitas luncuran menunjukkan bahwa tatal yang terjadi dalam proses pembubutan meluncur dengan kontinyu menghasilkan permukaan benda kerja yang relatif halus atau tingkat kekasaran permukaan yang rendah.



Gambar 10 Profil Tatal Putaran Spindel 370 rpm



Gambar 11 Profil Tatal Putaran Spindel 630 rpm

Temuan lain penelitian ini adalah kekasaran permukaan hasil pemesinan dengan mesin bubut dipengaruhi oleh besarnya sudut sisi depan ujung pahat. Tingkat kekasaran permukaan terdapat perbedaan antara sudut pembuangan total 12° dengan 14° , 16° , 18° maupun 20° . Kualitas kekasaran permukaan berdasarkan faktor sudut sisi depan ujung pahat dan sudut pembuangan total adalah (a) faktor sudut 80° yaitu $3.40 \mu\text{m}$ (12°), $2.82 \mu\text{m}$ (14°), $2.27 \mu\text{m}$ (16°), $2.64 \mu\text{m}$ (18°), dan $2.06 \mu\text{m}$ (20°), serta (b) factor sudut 75° yaitu $2.77 \mu\text{m}$ (12°), $1.98 \mu\text{m}$ (14°), $1.78 \mu\text{m}$ (16°), $1.95 \mu\text{m}$ (18°), dan $2.25 \mu\text{m}$ (20°). Secara umum kekasaran permukaan dengan geometrik sudut sisi depan ujung pahat sebesar 75° menghasilkan hasil pembubutan lebih halus. Sudut sisi depan sebesar 75° memiliki geometrik lebih runcing dibanding sudut 80° . sehingga pahat lebih tajam dan menghasilkan kualitas permukaan lebih halus.

Hasil pembubutan terbaik yang ditemukan dalam penelitian ini dengan memperhatikan faktor sudut sisi ujung pahat 75° dengan variasi sudut pembuangan total adalah dengan tingkat kekasaran yang rendah sebesar $1.78 \mu\text{m}$ didapat dengan pahat yang bersudut 16° .

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa (a) kualitas kekasaran permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh sudut pembuangan total dan sudut sisi depan ujung pahat tetapi putaran spindle tidak berpengaruh; (b) sudut pembuangan total berpengaruh terhadap kualitas kekasaran permukaan dan sudut yang paling ideal adalah 16° karena menghasilkan kualitas permukaan yang paling rendah kekasarannya; (c) sudut sisi depan ujung pahat berpengaruh terhadap kualitas kekasaran permukaan benda kerja hasil

pembubutan, dan sudut sisi depan ujung pahat 75° menghasilkan kualitas permukaan lebih halus dibanding dengan sudut sisi depan ujung pahat 80° ; dan (d) putaran spindle tidak berpengaruh terhadap tingkat kualitas kekasaran permukaan hasil pembubutan, baik putaran spindle 370 rpm maupun 630 rpm, namun demikian secara spesifik pada berbagai variasi ternyata pada putaran 630 rpm menghasilkan kualitas permukaan lebih halus.

Saran yang disampaikan adalah (a) baja High Speed Steel jenis Baja Assab ASP28 merupakan bahan pahat yang dapat

dikembangkan bentuk geometriknya, karena pada sudut pembuangan total dan sudut sisi depan ujung pahat menghasilkan kualitas yang baik; (b) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan faktor pendinginan dan memperluas variasi geometrik pahat untuk mendapatkan geometrik yang paling baik; dan (c) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan fokus metode pembubutannya, antara lain posisi penyayatan (selain *orthogonal*), kedalaman penyayatan (*depth of cut*), laju pemakanan dan putaran spindle.

DAFTAR RUJUKAN

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F., Begeman, M.L., 1979. *Manufacturing Processes*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Assab Tools Steels, t.t., Jakarta: PT ASSAB Steel Indonesia.
- Astakhov, V.P. dan Davim, J.P. 2008. *Machining Fundamentals and Recent Advances: Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*. Diakses 1 Juli 2011, www.springer.com/978-1-84800-212-8.
- Dieter, G.E. 1990. *Metalurgi Mekanik*. Diterjemahkan oleh Sriati Djapri. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hayajneh, M.T., Tahat, M.S, dan Bluhm, J. 2007. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. A Study of the Effects of Machining Parameters on the Surface Roughness in the End-Milling Process. Volume 1, Number 1, Sep. 2007. ISSN 1995-6665, p 1-5.
- Hogmark, S. dan Olssen, M. *Wear Mechanisms of HSS Cutting Tools*. Diakses 6 Juli 2011, (www.hssforum.com/Aachen/04_Hogmark.pdf).
- Kramar, D., Krajnik, P. dan Kopac, J. 2010. *Journal of Materials Processing Technology*, 210 (2010) 212-218. Capability of High Pressure Cooling in the Turning of Surface Hardened Piston Rods. Gambar 5. Distribusi Temperatur pada Sisi Potong Pahat HSS
- Schey, John A. 2009. *Proses Manufaktur (Introduction to Manufacturing Processes)*. Yogyakarta: Andi.
- Vlack, L.H.V. 1986. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. 1989. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Widarto, 2009. *Teknik Pemesinan*. Buku Sekolah Elektronik. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional.
- Hermawa. N. 2003. Pengaruh sudut geram (rake angle) terhadap kekasaran permukaan hasil bubut material st 60. (online). www.citeulike.org/user/puslit/article/4852076