

ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA MENGGUNAKAN PAHAT KONVENSIONAL HSS PADA MESIN CNC TU-2A¹⁾

Abdul Salam²⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan pahat bubut konvensional HSS sebagai *tools* alternatif pada mesin CNC TU-2A. Kekasaran permukaan dijadikan sebagai indikator untuk menentukan kualitas hasil pemakanan pada benda kerja untuk berbagai kondisi variabel permesinan. Selain itu, tingkat ketahanan pahat HSS diuji sampai pada batas keausan maksimum yang diizinkan. Metoda yang digunakan yaitu melakukan proses permesinan pada benda kerja aluminium dan kuningan dengan variasi kecepatan makan (F), tebal pemakanan (H), dan putaran mesin (S) untuk 3 macam merek Bohler, Krisbow, dan Kobe yang dibentuk menjadi 3 jenis, yaitu pahat kanan, pahat kiri, dan pahat netral. Selanjutnya dibandingkan dengan pahat *carbide tool tip* sebagai pahat standar mesin CNC TU-2A.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pahat konvensional HSS dapat digunakan pada mesin CNC TU-2A. Pada benda kerja aluminium nilai kekasaran yang paling kecil menggunakan pahat *carbide* sebesar $1,21 \mu\text{m}$ (H 0,3), sedangkan nilai kekasaran yang paling besar adalah pahat HSS netral sebesar $3,14 \mu\text{m}$ (H 0,9). Untuk benda kerja kuningan, nilai kekasaran yang paling kecil menggunakan pahat HSS netral Krisbow sebesar $1,11 \mu\text{m}$ (H 0,3), sedangkan nilai kekasaran yang paling besar adalah pahat HSS netral Kobe sebesar $9,8 \mu\text{m}$ (H 0,3). Pahat konvensional HSS akan mengalami keausan sebesar $0,245 \text{ mm}$ bila digunakan secara terus menerus pada panjang pemakanan 500 mm dengan tebal pemakanan maksimum (H) $0,9 \text{ mm}$, asutan (F) 50 mm/min dan putaran spindle (n) 900 rpm . Bila dibandingkan pada kondisi yang sama, pahat *carbide tool tip* sebagai pahat standar belum mengalami keausan yang berarti.

Kata Kunci: Mesin CNC TU-2A, kekasaran permukaan, pahat bubut konvensional HSS, *carbide tool tip*.

I. PENDAHULUAN

Keunggulan yang paling menonjol dari mesin-mesin CNC dibandingkan mesin konvensional adalah hasil pengerjaan jauh lebih teliti/akurat dan mampu menghasilkan produk dalam jumlah banyak dengan presisi. Mesin CNC Emco TU-2A dan TU-3A merupakan mesin bubut untuk pelatihan (*Training Units*) sederhana yang digunakan untuk pembelajaran awal sebelum mengoperasikan mesin bubut yang lebih kompleks seperti mesin-mesin unit produksi (*Production Units*) CNC Emco ET-120 atau ET-242. Dalam pengoperasiannya, mesin ini tidak memerlukan cairan pendingin karena terbatas pada benda kerja yang lunak seperti aluminium, kuningan, atau teflon.

¹ Dana Rutin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2008

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Meskipun demikian, pahat yang digunakan adalah pahat *carbide* dalam bentuk *tip* yang dapat diputar posisinya bila aus atau diganti bila sudah rusak.

Proses pembelajaran pada mesin-mesin CNC umumnya dimulai dari mesin-mesin CNC yang sederhana agar lebih mudah memberikan pemahaman dalam mengeksekusi gerakan pahat untuk melakukan suatu proses permesinan. Permasalahan yang sering dijumpai pada penggunaan *tool tip* mesin CNC TU-2A adalah mudah patah bila settingnya tidak tepat atau pemasangan pada *tool holder* tidak kuat. Hal ini mengingatkan operator pada umumnya adalah pemula yang baru memulai pembelajaran praktik permesinan CNC dasar. Hal lain yang menjadi permasalahan penggunaan *tool tips carbide* ini adalah persediaan (*stock*) yang terbatas dan cukup sulit didapatkan di pasaran. Untuk membelinya diperlukan pemesanan terlebih dahulu ke supplier tertentu dengan waktu tenggang (*lead time*) yang cukup lama, itupun dengan harga yang mahal.

Kondisi ini terkadang mengganggu keberlanjutan proses pembelajaran praktik permesinan CNC dasar bagi mahasiswa spesialisasi produksi Program Studi Teknik Mesin di Lab. CNC yang pada dasarnya telah dijadwalkan dengan baik.

Untuk mengantisipasi masalah tersebut, dikembangkan pemikiran untuk melakukan penelitian tentang sejauhmana kemampuan (*performance*) penggunaan pahat konvensional yang terbuat dari bahan HSS untuk dijadikan sebagai *tools* alternatif dalam pengoperasian mesin CNC TU-2A. Dalam hal ini, nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses permesinan dijadikan sebagai indikator untuk menentukan kualitas hasil pemakanan pahat terhadap benda kerja aluminium dan kuningan pada berbagai kondisi variabel permesinan yang sudah umum digunakan, selanjutnya dibandingkan dengan nilai kekasaran permukaan dengan menggunakan pahat *carbide tool tip* sebagai pahat standar mesin CNC TU-2A.

Kekasaran permukaan benda kerja bubut sebagai suatu hasil proses permesinan dapat dijadikan sebagai indikator hasil permesinan karena nilai kekasaran permukaan sangat ditentukan oleh kondisi permesinan itu sendiri. Selain variabel permesinan seperti putaran mesin (N), asutan (F), dan dalamnya pemakanan (H), juga ditentukan oleh jenis pahat (*tools*) yang digunakan dan karakteristik dari benda kerja yang dibubut.

Keunggulan pahat HSS adalah bahannya mudah didapatkan di pasaran dan harganya sangat terjangkau. Di samping itu, umur pahat relatif lebih lama dibandingkan *tool tip* karena dapat diasah berulang-ulang bila sudah tumpul.

Penelitian mengenai pengaruh variabel permesinan terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja baja karbon St. 42 pada pengoperasian mesin bubut dengan melibatkan faktor kekakuan material menyimpulkan bahwa variabel permesinan yang berpengaruh berturut-turut adalah kecepatan potong 35,3 % kecepatan makan 21%, kekakuan material 25,1%, dan lainnya 18,6% (Sonda, 2006).

Menurut Mansur (1994), variabel permesinan yang paling berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja aluminium lokal dan import pada

pengoperasian mesin bubut CNC TU-2A berturut-turut adalah kedalaman makan (depth of cut), asutan (feeding), dan putaran mesin.

Bertitik tolak dari permasalahan di atas dan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian penggunaan pahat konvensional HSS pada pengoperasian mesin bubut CNC TU-2A sebagai *tools* alternatif dilakukan untuk meneliti beberapa variabel permesinan yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja aluminium dan kuningan sebagai indikator hasil proses permesinan, serta ketahanan pahat konvensional HSS dibandingkan *tool tip* sebagai pahat standar mesin CNC.

Berdasarkan uraian di atas, dirumuskan permasalahan sebagai berikut: 1). Bagaimana nilai kekasaran permukaan benda kerja sebagai hasil permesinan dengan menggunakan pahat bubut konvensional HSS 2). Bagaimana tingkat ketahanan pahat bubut konvensional HSS dibandingkan *tool tip carbide*.

A. Mesin Bubut

Menurut Solih Rohyana (2000), mesin bubut termasuk mesin perkakas dengan gerak utama berputar. Pada mesin bubut benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang di ujung poros utama (spindle). Dengan mengatur lengan pengatur pada kepala tetap, putaran poros utama (n) dapat dipilih sesuai yang diinginkan operator.

Benda kerja pada proses pembubutan biasanya berputar ke arah operator (clock wise) dan perkakas potong dipasang pada eretan yang dapat digerakkan sepanjang mesin. Pergerakan disertai proses pemakanan menghasilkan permukaan benda kerja silindris. Selain itu, mesin bubut juga bisa menghasilkan benda kerja yang tirus, ulir-ulir sekrup, digunakan untuk pengeboran, pembuatan profil tertentu, dan sebagainya.

Mesin bubut (turning) CNC pada prinsipnya sama dengan mesin bubut konvensional, hanya saja sistem operasi permesinan menggunakan program yang dikontrol komputer dengan terlebih dahulu menginput data yang diperlukan.

Elemen-elemen dasar proses permesinan dapat dituliskan sebagai berikut
Kecepatan potong: $V_c = \pi d n/1000$ [m/menit]. Gerak makan (asutan): $F = n \cdot f$ [mm/menit]. Putaran spindle mesin: $n = V_c \cdot 1000 / (\pi d)$ [put/menit]. Waktu pemotongan: $t_c = Lt / V_f$ [menit].

Untuk menentukan kecepatan potong yang sesuai, diperlukan percobaan atau pengalaman yang cukup lama. Namun demikian saat ini sudah banyak tabel kecepatan potong hasil penelitian para ahli yang dapat digunakan sebagai referensi. Kecepatan potong beberapa jenis material diberikan seperti tabel berikut.

Tabel 1. Kecepatan potong beberapa jenis material

Jenis Pahat	Kecepatan Potong (m/menit)		
	Padual Al	Kuningan	Plastik/Teflon
HSS	44	25	35
Karbida	120-150	60-80	80-120

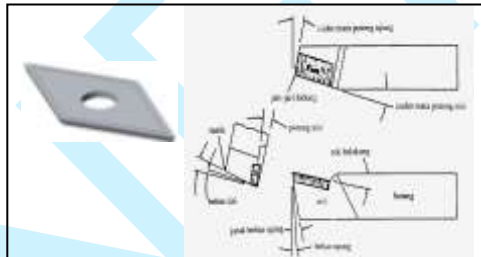
Besarnya Kecepatan Potong tergantung pada material benda kerja, material pahat, dan besarnya asutan yang digunakan. Untuk pembubutan: 0,02–0,1 mm/put, sedangkan untuk pemotongan: 0,01-0,02 mm/put).

B. Pahat

Pahat merupakan perkakas potong yang digunakan dalam proses pembubutan, jenis-jenis pahat terbagi atas: a) pahat potong b) pahat alur c) pahat serong d) pahat serong 45° e) pahat pisau kanan f) pahat lurus bulat g) pahat ulir luar h) pahat rata muka dan i) pahat rata muka bulat (Solih, 2000). Pahat harus disesuaikan dengan material benda kerja dan kondisi pemotongan. Bahan pahat HSS (High Speed Steel) adalah jenis logam yang merupakan paduan unsur besi (Fe), karbon (C) dan unsur-unsur lain seperti tungsten (W), Kromium (Cr), Vanadium (V), Molybdeum (Mo), dan Kobal (Co).

Pahat *tool tip* atau biasa juga disebut pahat karbida digunakan pada pengerjaan permesinan CNC TU-2A. Karbida umumnya keras dan getas, karenanya ia dipakai sebagai partikel yang “disebarkan” dalam matriks dari logam. Pembuatannya dilakukan dengan *powder metallurgy*. Ada dua jenis yang biasa digunakan yaitu:

- Tungsten carbide*, yang sangat keras, digunakan untuk memotong logam yang memiliki karakteristik abrasi tinggi, seperti besi tuang.
- Titanium carbide*, sedikit lebih lunak, biasanya untuk memotong baja.



Gambar 1. *Tool Tip* dan Sudut-Sudut Potong Pahat Konvensional

C. Keausan dan Kriteria Umur Pahat

Keausan pahat potong akan bertambah seiring bertambahnya waktu pemotongan sampai suatu saat pahat bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis.

Pada dasarnya umur pahat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan proses pemesinan, yaitu jenis material benda kerja dan pahat, kondisi pemotongan, cairan pendingin dan jenis proses pemesinan. Batas keausan jenis pahat tertentu dalam memotong benda kerja yang diijinkan diperlihatkan pada tabel berikut.

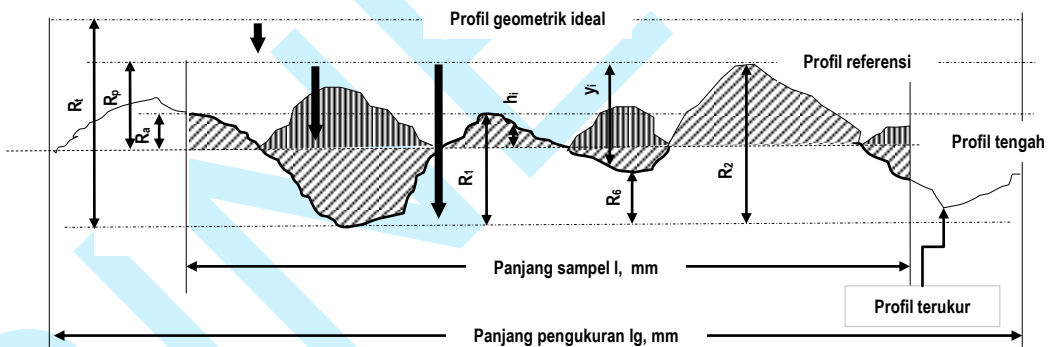
Tabel 2. Batas keausan pahat kritis (Rochim, 1993)

Pahat	Benda Kerja	VB [▼] (mm)	K [♦]
HSS	Baja & Besi Tuang	0.3 s.d 0.8	-
Karbida	Baja	0.2 s.d 0.6	0.3
Karbida	Besi Tuang & Non Ferrous	0.4 s.d 0.6	0.3
Keramik	Baja & Besi Tuang	0.3	-

D. Kekasaran Permukaan

Permukaan adalah batas yang memisahkan benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau dalam skala kecil, pada dasarnya konfigurasi permukaan suatu elemen mesin (produk) adalah merupakan suatu karakteristik geometrik, dalam hal ini termasuk golongan makrogeometrik yaitu permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk spesifik, misalnya poros, lubang, sisi, dan sebagainya.

Parameter permukaan untuk memproduksi profil suatu permukaan dapat diukur dengan alat pengukur kekasaran dengan cara jarum peraba (*stylus*) dari alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan garis lurus dengan jarak yang ditentukan sesuai dengan standar pengukuran berdasarkan ISO. Panjang lintasan ini disebut panjang pengukuran (*traversing length; lg*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti maka secara elektrik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang terdeteksi oleh jarum peraba. Bagian dari panjang pengukur dimana dilakukan analisa dari profil permukaan disebut dengan panjang sampel seperti ditunjukkan pada gambar berikut (Sonda, 2006).



Gambar 2. Profil Referensi Terukur Untuk Satu Permukaan

Bila ditinjau dari profilnya, ketidak aturan konfigurasi suatu permukaan dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat. Tingkat pertama merupakan ketidakaturan makrogeometri. Tingkat kedua merupakan ketidakaturan priodik dengan panjang gelombang yang lebih besar kedalamannya (amplitudonya). Tingkat ketiga adalah alur (grooves) serta tingkat keempat yang disebut dengan serpihan (*flakes*) kedua-duanya lebih dikenal dengan istilah kekasaran (roughness).

E. Hubungan antar variabel rancangan

Rancangan sederhana yang umum digunakan pada percobaan yang melibatkan beberapa variabel umumnya mudah diketahui dengan memperhatikan hubungan antar variabel melalui diagram pencar secara sederhana, sedangkan untuk mengetahui variabel-variabel mana yang lebih berpengaruh terhadap variabel lainnya terhadap respon yang akan diteliti umumnya digunakan rancangan faktorial. Penggunaan rancangan faktorial untuk beberapa variabel ini juga akan dapat menentukan apakah terdapat interaksi yang berarti antara dua faktor atau lebih.

Jika kita mempunyai data terdiri atas dua atau lebih variabel, maka untuk mempelajari bagaimana variabel-variabel itu berhubungan umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel tersebut dalam bentuk analisa regresi. Namun bila dalam suatu rancangan percobaan menggunakan lebih dari satu variabel dimana beberapa variabel dibuat konstan dan hanya satu variabel yang dibuat bervariasi, maka untuk mengetahui hubungan variabel tersebut dengan variabel lainnya cukup dengan membuat plot data pada diagram pencar dan memperhatikan kecenderungan (*trend*) hubungan yang dibentuk apakah membentuk hubungan linier atau non linier. Menurut Mansur (1994), dari ke 3 variabel permesinan: putaran mesin, asutan, dan kedalaman pemakanan, maka variabel kedalaman pemakanan lebih kuat pengaruhnya dibandingkan variabel lainnya. Dalam penelitian ini hanya variabel kedalaman pemakanan yang dibuat bervariasi.

Berdasarkan dengan uraian yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam kegiatan penelitian ini adalah: 1). Membandingkan nilai kekasaran permukaan benda kerja sebagai hasil permesinan untuk penggunaan pahat konvensional HSS dan *tool tip carbide*. 2). Membandingkan tingkat ketahanan pahat konvensional HSS dibandingkan *tool tip carbide*.

Manfaat yang diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah: 1). Kontinuitas praktik produksi PNC pada Lab. CNC lebih lancar karena ketersediaan tool/pahat lebih terjamin. 2). Diperoleh data hasil nilai kekasaran permukaan untuk benda kerja Aluminium dan Kuningan pada beberapa variabel permesinan untuk mesin CNC TU-2A. 3). Data variabel permesinan yang diperoleh dapat digunakan sebagai informasi atau rujukan dalam proses permesinan mesin CNC TU-2A.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan di Bengkel Produksi/Lab. CNC, Bengkel Mekanik, dan Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penelitian ini variabel permesinan yang digunakan yaitu putaran mesin (S), asutan (F), dan tebal pemakanan (H), dengan ulangan data sebanyak tiga kali. Setiap data percobaan diberikan interval waktu selama 5 menit untuk memberikan pendinginan pada pahat.

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin CNC Emco TU-2A dengan beberapa alat bantu antara lain: mesin gerinda/asah pahat untuk mengasah pahat konvensional HSS, Profil proyektor untuk mengukur keausan pahat, dan alat ukur Subtronic3+ untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja. Pahat bubut konvensional HSS terdiri atas tiga macam yaitu pahat rata kanan (RH), pahat rata kiri (LH), dan pahat netral (N), dengan tiga macam merek yaitu Bohler, Krisbow, dan Kobe. Sedangkan sampel benda kerja adalah aluminium dan kuningan diameter 1 inci dengan panjang sampel 100 mm.



Gambar 3. Mesin CNC Emco TU-2A

A. Prosedur Penelitian

1. Listing program dibuat pada panel mesin. Titik referensi, perpindahan titik target (X, Z), G atau M, asutan (F), dan putaran (S) dibuat permanen, sedangkan tebal pemakanan (H) sesuai data percobaan, $H=0,3$, $H=0,6$, dan $H=0,9$ mm/menit.
2. Pahat *tool tip* dipasang dengan baik pada tool-turret.
3. Benda kerja (sampel) dipasang pada spindel, lakukan pencekaman dengan baik.
4. Pengecekan dan editing list program yang telah dibuat.
5. Titik referensi sumbu X dan Z dilakukan dengan cara *scratching* pada benda kerja
6. Pengambilan data proses pemakanan sesuai dengan rancangan data percobaan, lakukan pengambilan data ulangan sebanyak tiga kali.
7. Benda kerja diganti yang lain, pengambilan data dilakukan dengan cara yang sama seperti sebelumnya untuk kedua jenis benda kerja.
8. Setelah pengambilan data dengan pahat *tip*, selanjutnya menggunakan pahat HSS yang telah dibuat. Proses pengambilan data sama dengan sebelumnya.
9. Kekasaran permukaan benda kerja diukur dengan alat ukur Subtronic3+.
10. Pembubutan untuk pahat konvensional HSS pada kedua jenis benda kerja dilakukan sampai mencapai limit keausan pahat yang dizinkan (0,3 mm).
11. Pengukuran keausan pahat konvensional HSS dengan alat ukur Profil Proyektor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Dasar penentuan variabel permesinan merujuk pada ketentuan pabrik (*Manual Operation Book*) dan nilai variabel permesinan yang sudah umum digunakan pada praktik permesinan CNC TU-2A, yaitu putaran mesin (N) 900 rpm, asutan (F) 50 mm/min, dan kedalaman pemakanan (H) divariasikan tiga tingkatan, yaitu 0.3, 0.6, dan 0.9 mm. Data hasil penelitian yang diperoleh adalah nilai kekasaran permukaan hasil permesinan mesin CNC TU-2A menggunakan pahat bubut konvensional HSS dan pahat standar *carbide*. Berdasarkan data hasil nilai kekasaran permukaan pada sampel benda kerja aluminium dan kuningan untuk masing-masing jenis pahat yang digunakan akan diketahui kemampuan hasil pemakanan pahat bubut HSS dibandingkan dengan pahat standar *carbide* berbentuk *tips* pada kondisi permesinan yang sama. Untuk mengetahui ketahanan pahat konvensional HSS dalam hal pemakanan yang lama sampai terjadi keausan maksimal yang diizinkan, maka dilakukan pemakanan secara kontinu sampai 500 mm kemudian keausan pahat diukur.

Nilai kekasaran rata-rata (R_a) tidak didapatkan dengan rumus, tetapi pada penelitian ini diukur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan Subtronic3+ yang dapat menunjukkan secara langsung nilai R_a melalui jarum pendeteksi yang dimunculkan pada display alat ukur tersebut. Adapun data-data yang ditunjukkan secara langsung adalah: R_a = Kekasaran rata-rata aritmetik (μm), L_t = Panjang pengukuran (mm), dan L_c = Panjang sampel (mm)

Setelah prosedur eksperimen dan pengukuran dilakukan, maka diperoleh data-data rata-rata kekasaran permukaan pada sampel aluminium dan kuningan dengan panjang pemakanan 20 mm, masing-masing untuk pahat HSS konvensional dan *Carbide* sebagai berikut:

Tabel 3. Rata-rata kekasaran permukaan bahan aluminium untuk pahat *Carbide*

Jenis Pahat	Aluminium			Kuningan		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Kanan	1,21	2,23	2,24	2,16	2,92	2,69
Netral	1,53	2,79	3,14	2,6	3,04	2,92
Kiri	1,46	1,96	1,78	1,68	1,87	1,72

Tabel 4. Rata-rata kekasaran permukaan bahan aluminium untuk pahat HSS Kobe

Jenis Pahat	Aluminium			Kuningan		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Kanan	2,73	2,84	2,94	2,8	2,66	2,67
Netral	1,53	1,55	2,5	9,8	9,14	8,71
Kiri	1,17	1,43	2,14	1,74	1,78	1,92

Tabel 5. Rata-rata kekasaran permukaan bahan aluminium untuk pahat HSS Bohler

Jenis Pahat	Aluminium			Kuningan		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Kanan	1,88	1,93	2,36	2,15	2,23	2,16
Netral	2,13	2,66	2,35	2,65	2,88	2,92
Kiri	1,93	2,35	2,57	1,5	1,69	1,64

Tabel 6. Rata-rata kekasaran permukaan bahan aluminium untuk pahat HSS Krisbow

Jenis Pahat	Aluminium			Kuningan		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Kanan	2,28	2,51	2,8	4,03	4,05	4,01
Netral	1,34	1,48	2,11	1,11	1,37	1,24
Kiri	1,93	2,34	2,57	1,76	1,64	1,61

B. Data Perbandingan Antar Pahat

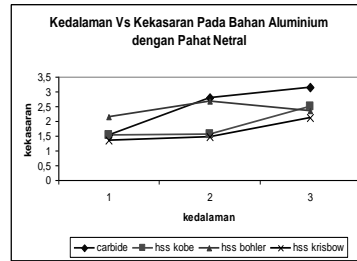
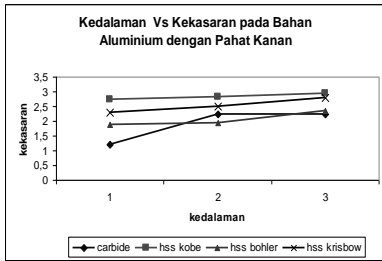
Nilai rata-rata kekasaran permukaan yang di peroleh dari setiap jenis pahat untuk sampel aluminium dan kuningan dengan panjang pemakanan 20 mm, masing-masing untuk pahat Carbide dan pahat HSS konvensional pada variabel permesinan putaran mesin (N) 900 rpm, asutan (F) 50 mm/min, kedalaman pemakanan (H) tiga macam, yaitu 0.3, 0.6, dan 0.9 mm sebagai berikut:

Tabel 7. Perbandingan rata-rata kekasaran permukaan antar pahat bahan aluminium

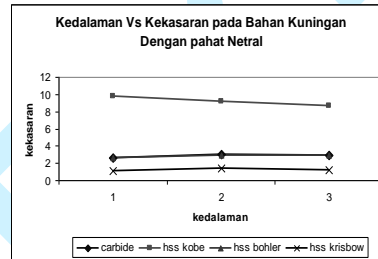
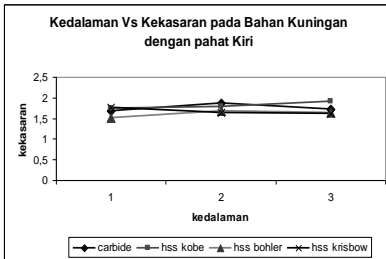
Jenis Pahat	Pahat Kanan			Pahat Netral			Pahat Kiri		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Carbide	1,21	2,23	2,24	1,53	2,79	3,14	1,46	1,96	1,78
HSS Kobe	2,73	2,84	2,94	1,53	1,55	2,5	1,17	1,43	2,14
HSS Bohler	1,88	1,93	2,36	2,13	2,66	2,35	1,93	2,35	2,57
HSS Krisbow	2,28	2,51	2,8	1,34	1,48	2,11	1,93	2,34	2,57

Tabel 8. Perbandingan rata-rata kekasaran permukaan antar pahat bahan kuningan

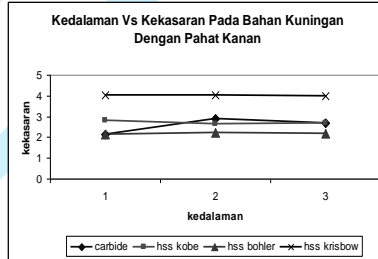
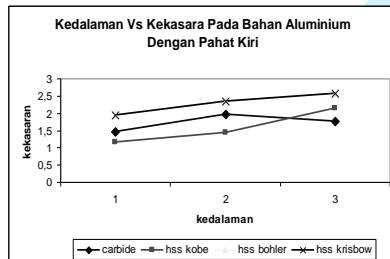
Jenis Pahat	Pahat Kanan			Pahat Netral			Pahat Kiri		
	Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)			Kekasaran permukaan (μm)		
	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9	H=0.3	H=0.6	H=0.9
Carbide	2,16	2,92	2,69	2,6	3,04	2,92	1,68	1,87	1,72
HSS Kobe	2,8	2,66	2,67	9,8	9,14	8,71	1,74	1,78	1,92
HSS Bohler	2,15	2,23	2,16	2,65	2,88	2,92	1,5	1,69	1,64
HSS Krisbow	4,03	4,05	4,01	1,11	1,37	1,24	1,76	1,64	1,61



Gambar 4. Perbandingan Kekasaran Permukaan Aluminium (Pahat Kanan & Netral)



Gambar 5. Perbandingan Kekasaran Permukaan Kuningan (Pahat Kiri & Netral)



Gambar 6. Perbandingan Kekasaran Permukaan Bahan Aluminium Dengan Pahat Kiri Dan Bahan Kuningan Dengan Pahat Kanan

C. Pembahasan

Nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan untuk semua jenis pahat konvensional HSS pada bahan aluminium dan kuningan relatif tidak terlalu signifikan bedanya bila dibandingkan dengan penggunaan pahat *carbide*, kecuali penggunaan pahat HSS Kobe jenis pahat netral untuk bahan kuningan, nilai kekasaran permukaan 9,14 μm sementara pahat yang lain antara 1,37 μm sampai 3,04 μm .

Pahat konvensional HSS jenis pahat kanan, pada bahan aluminium ataupun kuningan terlihat hampir sama trend nilai kekasaran permukaannya, yaitu berbanding lurus secara linier meskipun karakteristik setiap jenis pahat HSS berbeda-beda namun

terlihat bahwa pahat konvensional HSS merek Bohler lebih mendekati hasilnya pahat *carbide*.

Nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dengan menggunakan pahat HSS konvensional Bohler, Kobe, maupun Krisbow yang paling mendekati nilai kekasaran permukaan dengan menggunakan pahat *carbide*, baik pada kedalaman pemakanan (H) 0.3, 0.6, dan 0.9 mm terjadi pada benda kerja kuningan dengan pahat kiri. Sedangkan pada benda kerja aluminium, penggunaan pahat kiri juga memberikan rentang nilai kekasaran permukaan yang relatif lebih kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sudut mata potong ujung pada pahat kiri yang relatif lebih besar sehingga sudut kontak dengan benda kerja pada saat pemakanan lebih kecil. Hal lain adalah dengan sudut mata potong ujung yang relatif lebih besar menyebabkan aliran panas cepat terbuang ke luar sehingga temperatur yang timbul saat terjadi pemakanan relatif stabil.

Nilai kekasaran permukaan paling halus yang dihasilkan pahat HSS adalah yang dihasilkan Pahat HSS Krisbow jenis pahat netral untuk bahan kuningan. Sedangkan untuk bahan aluminium dihasilkan oleh padat HSS kobe.

Sebagai perbandingan untuk ketahanan pahat (life time), antara pahat *Carbide* dan HSS dilakukan dengan variabel permesinan putaran dan asutan yang sama, menggunakan pemakanan yang maksimum (H) 0.9 mm, serta panjang pemakanan (L) 100 mm dan pemakanan secara terus menerus sebanyak 5 kali, sehingga panjang total pemakanan adalah 500 mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan pahat *carbide* tidak mengalami perubahan keausan yang berarti, sedangkan untuk pahat HSS mengalami perubahan/keausan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 0,245 mm, sementara keausan pahat maksimum yang diizinkan pada pahat HSS sebesar 0,3 mm (Rochim, 1993). Hal ini berarti, bahwa penggunaan pahat konvensional HSS pada mesin CNC TU-2A sebagai pahat alternatif cukup signifikan untuk digunakan, namun terbatas pada pengerjaan dengan kontur sederhana sebagaimana umumnya dalam Praktik PNC.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perbandingan nilai kekasaran permukaan bahan aluminium dan kuningan:
 - Bahan Aluminium, untuk kedalaman pemakanan 0.3 dan 0.9 mm pahat *carbide* kanan lebih halus dibanding pahat HSS.
 - Bahan Kuningan, pahat *Carbide* dan HSS memberikan hasil kekasaran permukaan yang relatif sebanding.
2. Perbandingan nilai kekasaran permukaan pada penggunaan antar pahat:
 - Pahat *Carbide* kanan, paling halus pada bahan aluminium, $R_a = 1.21 \mu\text{m}$. Paling kasar, pahat *Carbide* netral pada bahan aluminium, $R_a = 3.14 \mu\text{m}$.
 - Pahat HSS Krisbow netral, paling halus pada bahan kuningan, $R_a = 1,11 \mu\text{m}$. Paling kasar Kobe netral pada bahan kuningan, $R_a = 9.8 \mu\text{m}$.
3. Pahat konvensional HSS dapat digunakan pada proses permesinan mesin CNC TU-2A, baik untuk bahan kuningan maupun aluminium pada kondisi variabel

permesinan putaran spindle (N) 900 rpm, asutan (F) 50 mm/min serta kedalaman pemakanan (H) maksimum 0.9 mm, akan tetapi ketahanan pahat konvensional HSS lebih rendah dibandingkan pahat *carbide*, sehingga perlu selalu diasah.

B. Saran

1. Diperlukan pengecekan keausan pahat HSS, bila digunakan pada mesin CNC TU-2A, karena umur pakai (*life time*) lebih rendah dibandingkan pahat *carbide*.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk meneliti optimasi ketiga variabel permesinan pada berbagai jenis bahan teflon untuk melengkapi penelitian ini.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Dulrauf, Fentce. 2000. *Analisa dan Karakteristik Metalurgi Umur Pahat dari Dua Jenis Material*. Dalam [www. Print-Gold 4.0.com](http://www.Print-Gold.com).
- Mansur, Ilyas. 1994. *Analisa Kekasaran Permukaan Aluminium Lokal dan Aluminium Import akibat Cutting Teknologi*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Montgomery, Douglas. C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Wiley & Sons.
- Nur, Rusdi. 1995. *Analisa Penentuan Kekasaran Permukaan Hasil Pengerjaan Mesin Bubut Pindad Pada Politeknik Negeri Ujung Pandang*. Tugas Akhir D3. Jurusan Teknik Mesin. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: FTI – ITB. Higher Education Development Support Project.
- Rohyana, Solih. 2000. *Pekerjaan Permesinan*. Bandung: Armico.
- Sonda, Luther. 2006. *Analisis Pengaruh Kekakuan Bahan Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Pembubutan Baja Karbon*. Thesis S2. Jurusan Teknik Mesin. Makassar: Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- Surdia, Tata, Prof, Ir. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya paramita.