

PENGARUH PUTARAN SPINDEL UTAMA MESIN BOR TERHADAP KEAUSAN PAHAT BOR DAN PARAMETER PENGEBORAN PADA PROSES PENGEBORAN DENGAN BAHAN BAJA

Joko Waluyo
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains & Teknologi AKPRIND
e-mail: walyojok@yahoo.co.id

ABSTRACT

One of many factors that affect the quality of workpiece from machining process is a wearing of cutting tool. The wearing of cutting tool can be minimized by knowing the speed limitation of the tool for the specific workpiece.

The purpose of this research is to figure out the effect of spindle's speed on wearing of HSS cutting tool of Carbon Steel drilling process. The drilling processes were done at spindle speed of 430 rpm, 545 rpm, 700 rpm. The wearing of cutting tool is defined by weight analysis of cutting tool after drilling, the change of cutting tool's angle, and visualization method.

The weight of cutting tool were 0.11 gram, 0.13 gram, and 0.15 gram, meanwhile the change of cutting tool were 0.1° , 0.2° , and 0.3° for spindle speed of 430 rpm, 545 rpm, and 700 rpm respectively after the process. Power required, drilling time, and electrical energy consumption were found to be 220 watt, 276 watt, 374 watt, 0,13 minutes, 0,10 minutes, 0.01 minutes, and 44×10^{-5} kWh, 45×10^{-5} kWh, 63×10^{-5} kWh for spindle speed of 430 rpm, 545 rpm, and 700 rpm respectively. Cutting capacity in term of millimeter cube per minute for spindle speed of 430 rpm, 545 rpm, and 700 rpm were 12.152 mm^3 per minute, 15.402 mm^3 per minute, and 19.782 mm^3 per minute respectively.

Keywords: main spindle speed, angle of cutting tool, wearing, drilling parameter

INTISARI

Produk berkualitas diperoleh dari permesinan yang baik, dan produk yang baik didapat karena menggunakan sudut pahat yang tepat pada saat proses pengerjaan. Dalam penggunaannya, pemakaian elemen-elemen potong khususnya pahat, sangat berpengaruh pada kualitas dan kuantitas produk. Untuk meminimalisir kerugian yang diakibatkan oleh keausan pahat potong digunakan langkah-langkah strategis, diantaranya dengan mengetahui batas kecepatan yang sesuai antara bahan dari pahat dan benda kerja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi kecepatan putaran spindel mesin pada proses pengeboran baja karbon rendah terhadap keausan pahat HSS (*high speed steel*).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kecepatan putaran spindel mesinnya yaitu 430 putaran per menit, 545 putaran per menit dan 700 putaran per menit. dan bahan pahat dari HSS dan benda kerja yang dibor dari bahan baja karbon. Metode keausan yang digunakan adalah analisis berat pahat, perubahan sudut mata pahat dan visualisasi keausan.

Hasil penelitian diperoleh data berat keausan pahat pada kecepatan 430 rpm, 545 rpm dan 700 rpm masing-masing sebesar 0,11 gram, 0,13 gram dan 0,15 gram serta perubahan sudut mata pahat masing-masing $0,1^{\circ}$, $0,2^{\circ}$ dan $0,3^{\circ}$ serta parameter pemotongan untuk kecepatan 430 rpm, 545 rpm dan 700 rpm besarnya daya, waktu pengeboran dan energy listrik dan volume total yang dihasilkan pada putaran 430 rpm, 540 rpm dan 700 rpm masing-masing 220 watt, 276 watt, 374 watt, 0,13 menit, 0,10 menit, 0.01 menit, 44×10^{-5} kWh, 45×10^{-5} kWh, 63×10^{-5} kWh dan volume total tiap menitnya masing-masing adalah 12.152 mm^3 per menit, 15.402 mm^3 per menit dan 19.782 mm^3 per menit.

Kata kunci: Putaran spindel utama mesin, Sudut mata pahat, Keausan pahat, Parameter pengeboran

PENDAHULUAN

Perkakas potong (*cutting tool*) adalah bagian yang paling kritis dari suatu proses permesinan. Pemilihan pahat potong

berdasar pada material yang dipotong, karena pemilihan pahat bor ini sangat berpengaruh terhadap parameter pemotongan seperti gaya pemotongan, daya

pemotongan, waktu pemotongan dan volume pemotongan serta akan menentukan suatu proses permesinan diantaranya akan mempengaruhi keausan pahat bor (*cutting tool*)

Dalam proses permesinan yang sering mengalami pergantian adalah pahat (*cutting tool*) Pahat merupakan komponen produksi yang dapat habis pakai dan harganya relatif mahal. Pahat akan mengalami keausan setelah digunakan untuk pemotongan, semakin besar keausan pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat terus digunakan maka keausan pahat akan semakin cepat dan menyebabkan ujung pahat akan rusak, kerusakan yang fatal tidak boleh terjadi pada pahat sebab gaya pemotongan yang besar akan merusak pahat bor, mesin perkakas serta benda kerja dan dapat membahayakan operator serta berpengaruh besar pada toleransi geometrik dan kualitas permukaan produk.

Pemilihan bahan pahat dan material yang dipotong serta kondisi pemotongan yang tidak tepat akan berpengaruh terhadap keausan pahat. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh kecepatan putaran poros utama (*spindle*) mesin bor terhadap keausan pahat bor dan parameter pengeboran antara lain gaya pengeboran, daya pengeboran, waktu pengeboran, energy listrik yang diperlukan untuk pengeboran dan volume pengeboran.

RUMUSAN MASALAH

Pemotongan logam akan menimbulkan geram (*chip*) sebagai akibat dari gerak pemotongan dan gerak makan (*feed movement*) yang masing-masing gerak dilakukan oleh benda kerja dan atau perkakas serta kombinasinya. Oleh karena hal ini maka didalam kerjanya mesin perkakas mempunyai sistem mekanis yang bermacam-macam, untuk mengubah gerak putar menjadi gerak yang sama atau yang lain, dipercepat atau diperlambat disesuaikan antara bahan pahat dan bahan yang akan dibor. Adapun gerak putar yang dipilih didalam penelitian ini adalah 430,545 dan 700 putaran permenit kemudian dianalisa pengaruhnya terhadap keausan sudut mata pada pahat bor dan parameter pengeboran.

BATASAN MASALAH

1. Jenis bahan pahat yang digunakan adalah pahat HSS yang mempunyai diameter 6 mm
2. Material benda kerja yang dibor adalah baja karbon rendah yang

mempunyai kekuatan tarik sebesar 60 kg/mm^2 .

Kondisi pengeboran :

1. Kecepatan pemotongan/pengeboran ditentukan berdasarkan putaran poros utama (*spindle*) yaitu $n_1 = 430 \text{ rpm}$, $n_2 = 545 \text{ rpm}$ dan $n_3 = 700$ putaran per menit.
2. Gerak makan (f) dibuat tetap yaitu $0,2 \text{ mm}$ per putaran dan kedalaman pengeboran 15 mm
3. Keausan yang diukur hanya keausan mata pahat dan kehilangan berat pahat potong.
4. Parameter pemotongan yang dibahas adalah gaya pengeboran, daya pengeboran, waktu pengeboran, energy pengeboran dan volume pengeboran.

TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui keausan pahat bor terhadap variasi putaran poros utama (*spindle*) mesin
2. Untuk mengetahui parameter pemotongan terhadap variasi putaran poros utama (*spindle*) mesin bor

MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh kecepatan poros utama (*spindle mesin*) terhadap keausan mata pahat bor dan elemen-elemen pemotong mesin bor seperti gaya ,daya pengeboran,waktu pengeboran, energy listriknya dan volume beram (*chip*) yang dihasilkan pada proses pengebor

TINJAUAN PUSTAKA

Hendra (2004) proses pengeboran merupakan proses permesinan yang paling sering digunakan setelah proses bubut karena hampir semua komponen dan produk permesinan mempunyai lubang. Gerak makan dan gerak potong pada proses pengeboran dilakukan oleh pahat bor. Pahat bor mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar oleh *spindle* mesin bor. Putaran *spindle* mesin dan gerak makan dapat dipilih dari beberapa tingkat putaran dan gerak makan yang tersedia pada mesin. Adapun elemen pahat bor seperti terlihat pada gambar 1.

ELEMEN PAHAT

1. Badan (*body*), adalah bagian pahat yang dibentuk untuk mata potong atau tempat untuk sisipan pahat.

2. Pemegang/ gagang (*Shank*), adalah bagian pahat yang dipasangkan pada mesin perkakas. Bila bagian ini tidak ada, maka fungsinya diganti oleh lubang pahat.
3. Sumbu pahat (*Tool Axis*), adalah garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat. Umumnya merupakan garis tengah dari pemegang.

Bidang Pahat

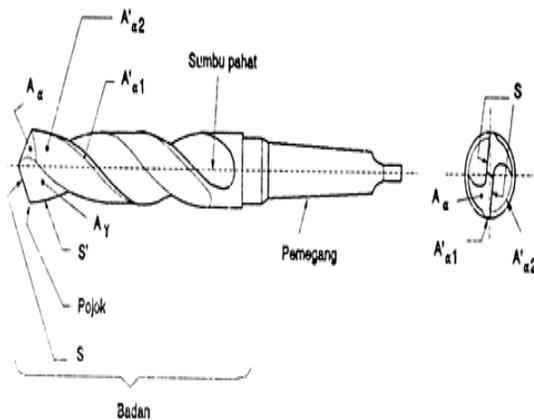
Merupakan permukaan aktif pahat. Setiap pahat mempunyai bidang aktif sesuai dengan jumlah mata potongnya (tunggal atau jamak). dua bidang aktif dari pahat adalah :

1. Bidang Geram (A_y , *Face*), adalah bidang tempat geram mengalir.
2. Bidang utama/ Mayor (A_α , *Principal Mayor Flank*), adalah bidang yang menghadap permukaan transient dari benda kerja.

Mata potong

Merupakan tepi dari bidang geram yang aktif memotong. Ada dua jenis mata potong, yaitu:

1. Mata Potong Utama/ Mayor (S , *Principal Mayor Cutting Edge*), adalah garis perpotongan antara bidang geram (A_y) dengan bidang utama (A_α).
2. Mata potong Bantu/ Minor (S' , *Auxiliary Minor Cutting Edge*), adalah garis perpotongan antara bidang geram (A_y) dengan bidang bantu ($A_{\alpha'}$).

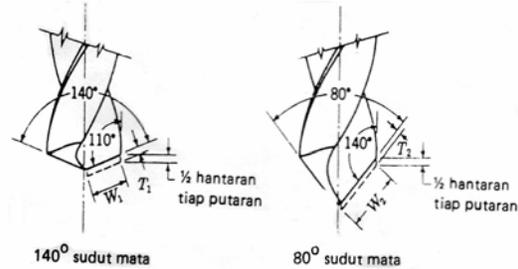


Gambar 1. Element pahat bor

Sudut Mata

Untuk mendapatkan pelayanan yang baik dari sebuah pengeboran, maka penggerindaannya harus baik. Sudut mata harus tepat dan sesuai bahan yang harus dibor. Sudut mata yang biasa pada

pengeboran komersial pada umumnya adalah 118° yang cukup memudahkan untuk baja lunak, kuningan dan bahan pada umumnya. Untuk bagian yang lebih keras, maka sudut mata pahat lebih besar dan akan memberikan prestasi yang lebih baik, pada gambar 2 dapat dilihat berbagai sudut mata bor.



Gambar 2 Variasi sudut mata mempengaruhi prestasi pengeboran

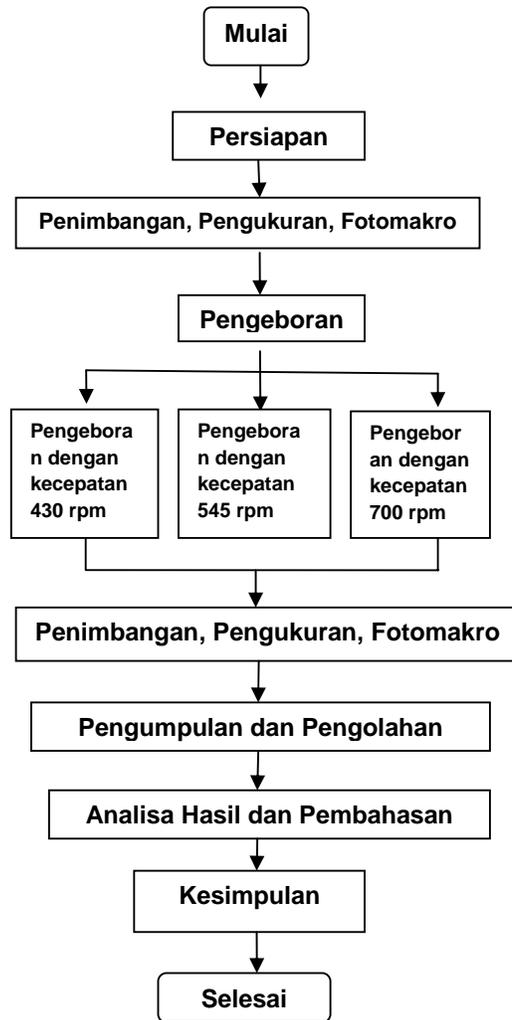
Temperatur

Seperti pada semua operasi logam, energy yang dihasilkan dalam operasi pengeboran diubah menjadi panas, yang mana pada akhirnya akan menaikkan temperatur pada daerah pengeboran tersebut, dan dengan naiknya kecepatan potong maka otomatis panas yang dihasilkan juga meningkat. Hampir semua energy pengeboran diubah menjadi energy panas/ laju panas yang ditunjukkan oleh daya pengeboran melalui proses gesekan antara geram/tatal dengan pahat serta antara pahat dengan benda kerja, dan semakin tinggi kecepatan putaran spindle utama mesin bor maka semakin besar prosentase panas yang terbawa oleh geram/tatal. Pengetahuan perihal kenaikan temperatur perlu diperhatikan karena kenaikan temperatur dapat menyebabkan hal-hal yang tidak diinginkan antara lain :

1. Bisa mempengaruhi kekuatan, kekerasan dan keausan pada pahat bor.
2. Menyebabkan perubahan dimensi benda kerja, sehingga akan sulit memperoleh ketelitian yang baik.
3. Dapat mempengaruhi kerusakan sehingga akan mempengaruhi umur pakai mesin perkakas/mesin bor.
4. Dapat mempengaruhi umur pakai pahat, sehingga pemakaian pahat tidak efisien.

Sebagai tambahan perkakas potong merupakan subyek yang terdiri dari gradient temperatur yang disebabkan oleh momen puntir pada waktu pengeboran. Oleh sebab itu pada pengoperasian pengeboran gesekan yang lebih pada sudut mata bor dengan geram dan benda kerja, maka sumber panas utama akan timbul pada sudut mata bor.

Metodologi Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Persiapan Bahan

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen bahan pahat bor yang dipilih HSS (*high speed steel*) dengan diameter 6 mm dengan unsur paduan 3.8-4.6 % chromium dan 8.5-19 % wolfram, Kekerasannya dapat mencapai 62-65 HRC, Ketahanannya temperaturnya 600 °C, dan benda kerja dari bahan baja 60, dengan dimensi sampel dengan ukuran panjang x

lebar x tebal 120 mm × 50 mm × 15 mm. Pengeboran dilakukan sebanyak 5 kali.

Penimbangan, Pengukuran, Fotomakro Pahat Sebelum dan setelah Pengeboran

Pahat bor ditimbang sebelum dan setelah pengeboran, untuk mendapatkan data kehilangan berat dan untuk pengukuran sudut mata pahat dilakukan dengan fotomakro terlebih dahulu, data yang diperoleh dari kondisi pahat sebelum dan sesudah pengujian dianalisa dan didokumentasikan seperti pada tabel 1 sampai dengan tabel 2.

Operasional Pengeboran

Pahat bor yang telah dipersiapkan kemudian dicekam pada arbor diikat dengan spindel poros utama mesin dan selanjutnya dilakukan pengerjaan pengeboran pada benda kerja yang telah dijepit pada ragum. Pada proses pengeboran ini dilakukan tanpa media pendinginan. dalam percobaan ini hanya menggunakan variasi kecepatan putaran saja. Disini penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi kecepatan dengan mengatur kecepatan putaran *spindle utama* pada kecepatan 430 rpm, 545 rpm dan kemudian 700 rpm secara bergantian dengan *feeding* yang digunakan tetap sebesar 0,2 mm/putaran dengan kedalaman lubang 10 mm.

Fotomakro

Foto makro ini digunakan untuk mengetahui daerah keausan pahat, sebelum digunakan untuk pengeboran dan setelah pengeboran dan hasilnya dianalisa dan didokumentasikan seperti pada pembahasan tabel 1.

Neraca Digital

Prosedur pemakaian alat ini adalah pahat sebelum dan sesudah pengeboran ditimbang dengan neraca digital dan hasilnya dianalisa dan didokumentasikan seperti tertera pada tabel 2.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian keausan pahat bor HSS (*high speed steel*) dengan cara penimbangan dan keausan perubahan sudut mata pahat

Setelah pahat digunakan untuk pengeboran dengan variasi kecepatan putaran mesin yang ditentukan yaitu kecepatan putaran 430 rpm, 545 rpm dan dan 700 rpm, selanjutnya pahat tersebut

ditimbang kemudian diambil foto makronya. Dari hasil percobaan tersebut dianalisa dan didokumentasikan hasilnya seperti pada tabel 1 dan 2 seperti dibawah ini.

Tabel 1. Hasil analisa perubahan sudut pahat bor

Putaran	Keterangan tanda pahat	Besar sudut ($^{\circ}$)		Nilai keausan sudut ($^{\circ}$)
		*	**	
430	Sudut mata	118	118,1	0,1
	Sudut pengaman pemotong	10	10,1	0,1
	Sudut tepi pahat	125	125,1	0,2
545	Sudut mata	118	118,15	0,2
	Sudut Pengaman Pemotong	10	10,1	0,25
	Sudut tepi pahat	125	125,1	0,2
700	Sudut mata	118	118,3	0,3
	Sudut pengaman pemotong	10	10,2	0,35
	Sudut tepi pahat	125	125,15	0,4

* : Sebelum Pengeboran,

** : Setelah Pengeboran

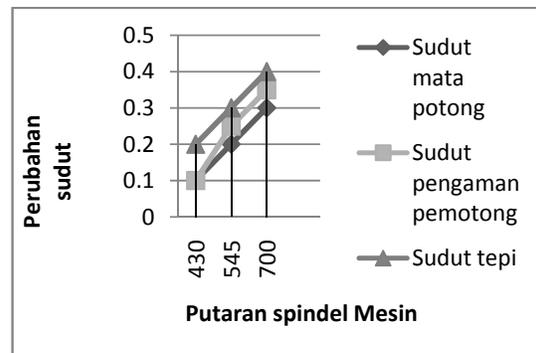
Tabel 2. Hasil penimbangan pahat bor

Hasil uji berat dengan rpm	Pengeboran	Berat awal	Berat akhir	Keausan
430	5 kali	16,03 gram	15,92 gram	0,11 gram
545	5 kali	16,03 gram	15,90 gram	0,13 gram
700	5 kali	16,03 gram	15,88 gram	0,15 gram

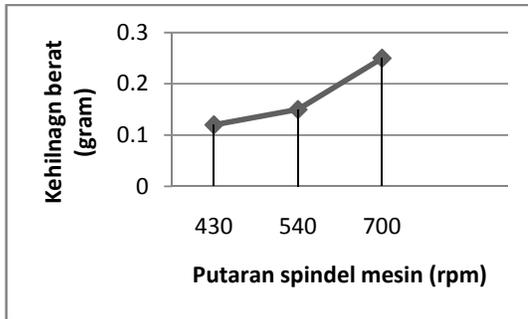
Pada kecepatan potong yang tinggi yaitu pada putaran 700 rpm pertumbuhan keausan sudut mata pahat, sudut pengaman dan sudut tepi pahat lebih besar bila dibandingkan pada kecepatan putaran 545 dan 430 rpm hal ini disebabkan karena

mekanisme abrasi dan kerusakan karena bidang tepi pahat yang terjadi karena gesekan antara pahat dan benda kerja menjadi lebih besar. Sebaliknya untuk kecepatan potong yang rendah pada putaran 430 rpm mekanisme kerusakan pahat dan kehilangan berat menjadi lebih kecil hal ini data-datanya terdapat pada tabel 1 sampai dengan tabel 2.

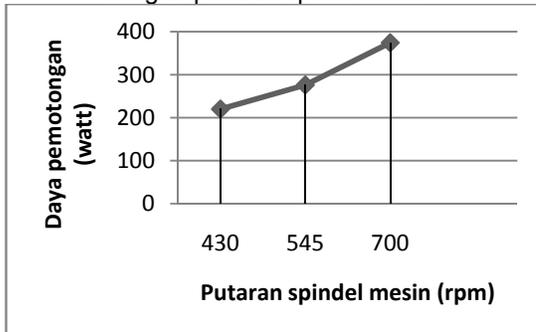
Pada kecepatan potong yang tinggi mekanisme penyebab keausan lebih disebabkan oleh proses difusi, oksidasi dan deformasi plastik. Dimana pada kecepatan tinggi, geram BUE (*built-up edge*) tidak terbentuk dan kondisi aliran geram pada *flow zone* lebih teratur. Keausan ini disebabkan pada proses pemotongan yang tinggi timbul panas akibat gesekan antara pahat dan benda kerja sehingga menimbulkan gaya pengeboran untuk ketiga variasi putaran sebesar 164,72 Kg. Untuk variasi putaran poros utama mesin besarnya daya untuk putaran 430 rpm, 540 rpm dan 700 rpm masing-masing sebesar 220 watt, 276 watt dan 374 watt kenaikan daya pada putaran 700 menyebabkan kenaikan temperatur pada pahat akibat gesekan dengan benda kerja sehingga menyebabkan pahat yang digunakan pada putaran spindel mesin 700 rpm mengalami keausan yang lebih besar bila dibandingkan dengan putaran spindel mesin 430 rpm. Adapun hubungan antara daya yang dihasilkan, waktu pengeboran, energi listrik yang dibutuhkan serta volume tatal yang dihasilkan dengan putaran poros utama (*spindle*) mesin dapat dilihat pada grafik 3 sampai dengan grafik 6.



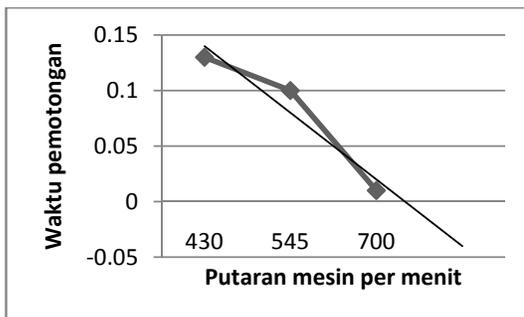
Grafik 1. Hubungan perubahan sudut potong dengan putaran spindel mesin



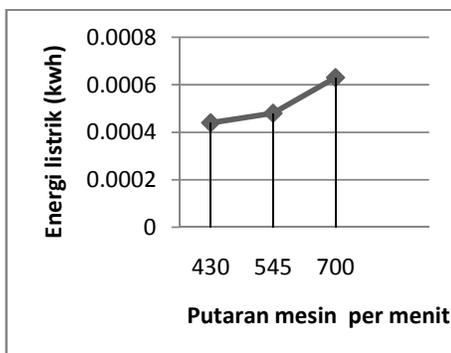
Grafik 2. Hubungan kehilangan berat dengan putaran spindel mesin



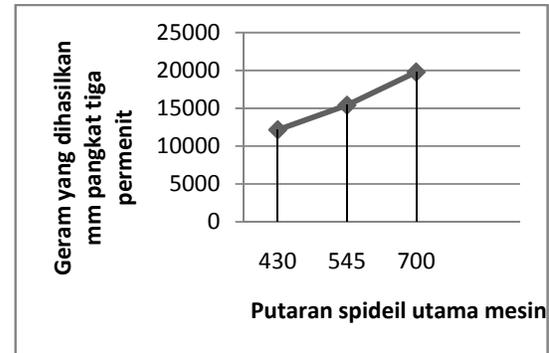
Grafik 3. Hubungan antara daya pemotongan dengan putaran spindel utama mesin



Grafik 4. Hubungan waktu potong dengan putaran spindel mesin



Grafik 5. Hubungan antara Energi listrik dalam kWh dengan putaran spindel mesin



Grafik 6. Hubungan antara geram dengan putaran spindel utama mesin

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil data penelitian dan pembahasan pada pengujian ini, maka dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh putaran poros utama (*spindle*) mesin bor mempengaruhi perubahan sudut potong pada pahat bor tersebut adapun perubahan sudut terbesar pada ketiga putaran terjadi pada putaran 700 rpm yang besarnya adalah keausan sudut mata potong sebesar $0,3^{\circ}$, keausan sudut pengaman pemotong sebesar $0,3^{\circ}$ dan keausan sudut tepi sebesar $0,4^{\circ}$.
2. Pengaruh putaran poros utama (*spindle*) mesin bor mempengaruhi perubahan sudut potong pada pahat bor tersebut adapun perubahan sudut terkecil pada ketiga putaran terjadi pada putaran 430 rpm yang besarnya adalah sudut mata sebesar $0,1^{\circ}$, keausan sudut pengaman pemotong sebesar $0,1^{\circ}$ dan keausan sudut tepi sebesar $0,2^{\circ}$.
3. Pengaruh putaran spindel utama (*spindle*) mesin bor menghasilkan parameter pemotongan sebagai berikut yaitu besarnya daya yang dihasilkan, waktu pengeboran dan energy listrik yang dihasilkan serta volume geram yang dihasilkan pada putaran 430 rpm, 540 rpm dan 700 rpm masing-masing 220 watt, 276 watt, 374 watt, 0,13 menit, 0,10 menit, 0,01 menit, 44×10^{-5} kWh, 45×10^{-5} kWh, 63×10^{-5} kWh dan volume total yang dihasilkan adalah $12.152 \text{ mm}^3/\text{menit}$, $15.402 \text{ mm}^3/\text{menit}$ dan $19.782 \text{ mm}^3/\text{menit}$

DAFTAR PUSTAKA

- Armansyah Ginting, Keausan pahat pemotong karbida, 2004, Jurusan teknik Mesin Universitas Sumatera utara.
- Bouthroryd, Geoffrey, 1981, *Fundamental of Metal Machining and Machining Tools*, Singapore; B&Jo Enterprise. PT ELTD,S'pore.
- C. Van Tenhejden, 1991, *Alat-Alat dan Mesin Perkakas*, Buana Cipta.
- E. Paul Demargo, 1997, *Material and Processes in Manufacturing*, Amerika; Prentice-Hall International, Inch
- Hendra Suherman, Hendri Budiman, Rio oktavianus Putra, 2005, Pengaruh kondisi pemotongan pahat gurdi terhadap keausan pahat.
- Krar dkk, 1983, *Machine Tool Operation*, United Sates of Amerika, Mc Graw Hill, Inch.
- Muin, Syamsir A., 1989, *Dasar-Dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-Mesin Perkakas*, Edisi 1, Cetakan 1, CV. Rajawali, Jakarta.
- Rochim, Taufiq., 1993, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Higher Education Development Support, Jakarta.
- Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, Fourth Edition, 2001.
- Sri Harjoko W., dan Yatno Yuwono M., 1985, *Mesin Perkakas*, Bandung, Laboratorium Teknik Produksi dan Metrologi Industri ITB.