

ANALISA PUTARAN SPINDEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PEMOTONGAN PADA PROSES PEMBUBUTAN BAJA ST 60 DENGAN MELAKUKAN PERLAKUAN PANAS

Marthina Mini

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
Email : marthinamini@gmail.com

Abstrak

Proses pembubutan merupakan proses pemotongan yang menggunakan mesin perkakas untuk memproduksi bentuk silindris dan juga dapat digunakan untuk membuat ulir, pengeboran dan meratakan benda berputar

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh putaran spindel terhadap daya potong dan efisiensi pemotongan pada proses pembubutan baja ST 60 dengan melakukan perlakuan panas.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan memvariasikan putaran spindel terhadap daya potong dan efisiensi pemotongan pada proses pembubutan material baja ST 60 menggunakan pahat HSS dengan variasi putaran spindle yaitu 290,370,460 (rpm)

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu mendapatkan nilai daya dan efisiensi material yang tidak diberi perlakuan panas nilai daya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, 0,103542 kw pada putaran 370 rpm, 0,128727 kw pada putaran 460 rpm. Nilai efisiensinya 0,000054 (%) pada putaran 290 rpm 0,00006902 (%) pada putaran 370 rpm 0,0000858 (%) pada putaran 460 rpm. Untuk material yang diberi perlakuan panas, nilai dayanya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, 0,103542 kw pada putaran 370 rpm, 0,128727 kw pada putaran 460 rpm. Nilai efisiensinya 0,0000541 (%) pada putaran 290 rpm 0,000069028 (%) pada putaran 370 rpm, 0,0000858 (%) pada putaran 460 untuk panjang pemakanan 60 mm.

Kata kunci : Putaran Spindel, daya potong, Efisiensi Pemotongan, Baja ST 60.

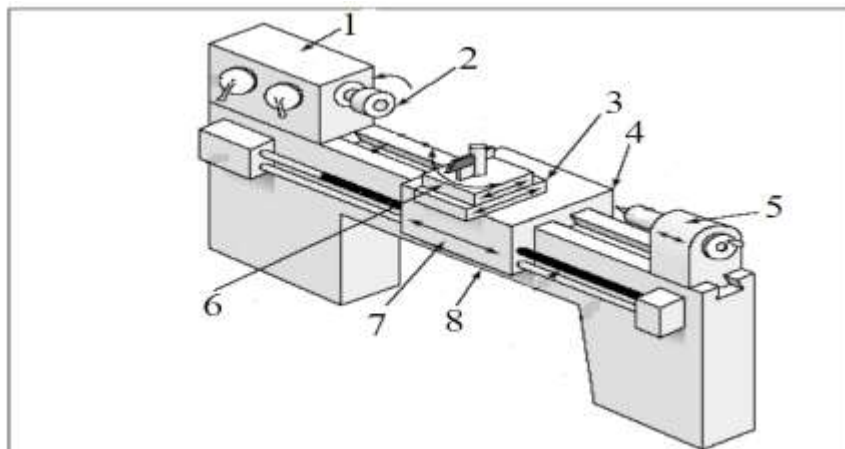
1. PENDAHULUAN

Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan.

Bagian utama mesin bubut konvensional pada umumnya sama walaupun merek atau buatan pabrik yang berbeda hanya saja terkadang posisi handel atau tuas simbol, tabel penunjuk pembubutan letak posisi berbeda demikian juga dengan cara pengoperasiannya karena memiliki fasilitas sama maka tidak jauh berbeda.

Bagian-bagian utama yang pada umumnya dimiliki oleh mesin bubut adalah sebagai berikut :

1. Kepala diam (head stock)
Selalu berada disebelah kiri operator dan berisi roda gigi –roda gigi pengubah kecepatan putar, tempat melekatnya spindle.Poros utamanya berlubang, sehingga memungkinkan untuk mengerjakan batangan logam yang panjang dijepit didalamnya.
2. Spindel : bagian yang berputar (terpasang pada headstock) untuk memutar chuck (pencekam benda kerja).
3. Peluncur silang (*cross slide*)
Bagian ini melekat pada kereta dan dapat digerakan dalam arah sumbu x (melintang) yang tegak lurus dengan gerakan kereta.Digunakan untuk mengatur kedalaman potong dan membubut muka.
4. Kereta (*carriage*)
Bagian ini dapat digerakan kekiri atau ke kanan baik secara otomatis maupun di gerakan dengan tangan.
5. Kepala gerak (*Tail stock*)
Bagian ini tidak berputar,tetapi dapat digerakan ke kiri dan ke kanan operator melalui ways (meja) guna menyesuaikan ukuran bendah kerja. 25 mm guna membuat benda kerja tirus dengan sudut yang kecil.
6. Penumpuudukan pahat (*coumpound rest*)
Bagian ini berdudukan pahat (tool post) tumpu pada peluncur silang dan dapat berputar 360°.
7. Apron
Apron melekat pada bagian kereta, yang berisi lengan-lengan pengontrol (gerak makan dan gerak ulir).
8. Alas (*bed*)
Persyaratan dari alas adalah harus kaku sehingga dapat menahan lenturan ke segala arah. Bahan bagian ini adalah besi tuang atau baja yang dilas dengan berbagai bentuk penampang melintangnya.



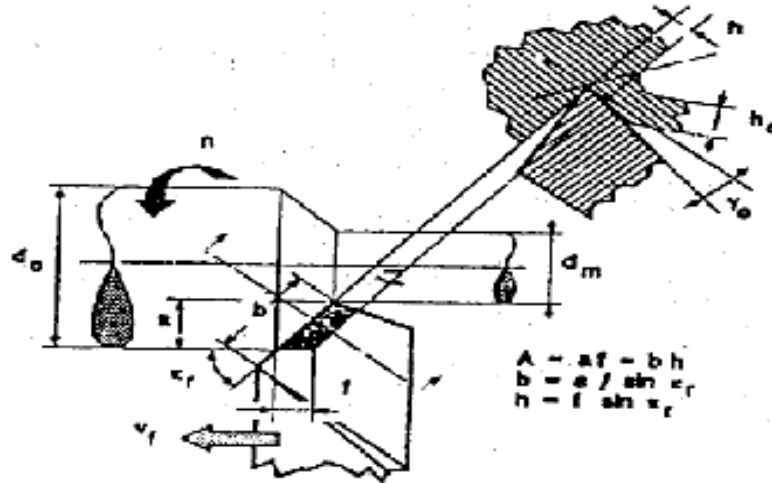
Gambar 1. Mesin Bubut

Pada proses permesinan ada lima elemen dasar yang perlu dipahami , yaitu :

1. Kecepatan potong (cutting speed) = v (m/min)
2. Kecepatan makan (feeding speed) = v_f (mm/min)

3. Kedalaman potong (depth of cut) = a (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time) = t_c (min)
5. Kecepatan penghasil geram = Z (cm^2/min)

Elemen dasar dari pemesinan tersebut (v , v_f , a , t_c , dan Z) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja, pahat dan besaran – besaran dari mesin perkakas dapat diketahui dan ditentukan dari gambar berikut :



Gambar 2. Elemen dasar proses bubut (Sumber : eprints.undip.ac.id)

- Benda kerja: d_o = diameter awal (mm)
 d_m = diameter akhir (mm)
 l_t = panjang pemesinan (mm)
- Pahat : k_r = sudut potong ($^\circ$)
 γ_o = sudut geram ($^\circ$)

- Mesin bubut : a = kedalaman potong (mm)
 $a = (d_o - d_m) / 2 = d_o$ (mm).....(1)
 f = gerak makan (mm/r)
 n = putaran poros utama (benda kerja) (r)/min

Elemen dasar proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.5 dengan wujud rumus sebagai berikut :

1. Kecepatan potong
 $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$ (m/min).....(2)

Dimana : $\pi = 3,14$

d = diameter (mm)

n = putaran poros utama (r)/min)

dimana, d = diameter rata-rata, yaitu,

$$d = (d_o + d_m) / 2 = d_o$$
 (mm).....(3)

2. Kecepatan makan
 $v_f = f \cdot n$ (mm/min).....(4)

dimana : f = gerak makan (mm/r)

n = putaran poros utama (r)/min

3. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \text{ (min)} \dots\dots\dots(5)$$

dimana : l_t = panjang pemesinan (mm)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

4. Kecepatan penghasil geram

$$\text{Dimana : } Z = A \cdot V \text{ (mm)}$$

Dimana, penampang geram sebelum terpotong $A = f \cdot a$ (mm).....(6)

$$\text{Maka } Z = f \cdot a \cdot v \text{ (cm}^3\text{/min)} \dots\dots\dots(7)$$

Pada gambar 2 diperlihatkan sudut potong dimana, penampang geram sebelum terpotong (k_r principal cutting edge angle) yaitu sudut antar mata potong mayor (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan v_f . Besarnya sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga a dan f yang tetap maka sudut ini menentukan besar lebar pemotongan (b , width of cut) dan tebal geram sebelum terpotong (hunderformed chip thickness) sebagai berikut :

➤ Lebar pemotongan :

$$b = a / \sin k_r \text{ (mm)} \dots\dots\dots(8)$$

dimana : a = kedalaman potong (mm)

k_r = sudut potong (°)

➤ Tebal geram sebelum terpotong :

$$h = f \sin k_r \text{ (mm)} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana : f = gerak makan (mm/(r)

k_r = sudut potonng (°)

Dengan demikian penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = f \cdot a = b \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

Dimana : f = gerak makan (mm/(r)

a = kedalaman potong (mm)

b = lebar pemotongan (mm)

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

Daya pemotongan dalam proses pembentukan geram ditentukan oleh gaya pemotongan dengan kecepatan potong (kecepatan pahat relatif terhadap benda kerja). Atau momen puntir pada pahat dengan kecepatan putarnya. Gaya atau momen tersebut dapat diukur secara langsung dengan memakai dinamometer, karena salah satu komponen gaya tersebut umumnya tidak melakukan gerakan, maka daya pemotongan (daya pembentukan geram) adalah,

$$N_c = \frac{f_v \cdot V}{60.000} \text{ kw} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana : N_c = daya potong (kw)

f_v = gaya potong (N)

v = kecepatan potong (m/min)

Gaya pemotongan

Dari lingkaran merchant sebagaimana yang telah dibahas dapat diturunkan rumus teoritik gaya potong f_v yaitu :

$$f_v = k_s \cdot A \text{ dimana } A = f \cdot a$$

dimana : f_v = gaya pemotongan (N/mm)²

k_s = gaya potong spesifik (N/mm)²



A = penampang geram sebelum terpotong (mm)

f = gerak makan (mm/r)

a = kedalaman potong (mm)

untuk menentukan harga $k_{s1.1}$ dimana kondisi pemotongan tidak sesuai dengan kondisi pemotongan diatas, maka dapat dipakai rumus pendekatan yang sering digunakan dalam praktek, yaitu :

$$k_s = k_{s1.1} f^z \cdot c_k \cdot c_y \cdot c_{vb} \cdot c_v \text{ (N/mm)}^2 \dots\dots\dots(11)$$

dimana : $k_{s1.1}$ = gaya potong spesifik referensi (N/mm)²

f = gerak makan (mm/r)

z = pangkat tebal geram

c_k = faktor koreksi

c_y = faktor koreksi

c_{vb} = faktor koreksi

c_v = faktor koreksi

karena n_f jauh lebih kecil dari pada N_c maka dapat diabaikan. Sehingga daya makan dalam proses bubut adalah:

$$N_f = \frac{Ff \cdot Vf}{60.000.000} \text{ (kw)} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana : N_f = daya makan (kw)

Ff = gaya makan (N)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

oleh karena itu, efisiensi pemesinan bisa didefinisikan sebagai berikut :

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \cdot 100 \% \dots\dots\dots(13)$$

Dimana : η_c = efisiensi pemesinan (kw)

N_c = daya potong (kw)

N_{mc} = daya pemesinan (kw)

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu melakukan pembubutan dengan memvariasikan putaran spindle terhadap daya dan efisiensi pemotongan pada proses pembubutan bahan material baja ST 60 dan menggunakan mata potong pahat hss.

3. DATA DAN PEMBAHASAN

Sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data yang langsung didapatkan dari obyek pelaksanaan penelitian ini, yaitu melakukan pengujian pembubutan Benda kerja dibagi dalam dua kelompok, dimana kelompok pertama berjumlah 3 batang yang diberi perlakuan panas dan 3 batang yang tidak diberi perlakuan panas, 3 batang yang akan dilakukan perlakuan panas dengan tempertur 723⁰c umur kritis logam, Lama pemanasan yaitu 1 jam untuk masing-masing material benda kerja material yang dipakai untuk uji kehilangan berat adalah baja ST 60 setelah dilakukan pemanasan dengan temperatur 843⁰c, 942⁰c dan 893⁰c, dengan variasi putaran spindle 290,370,460, kemudian diuji menggunakan pahat bubut HSS



kemudian dilihat kehilangan beratnya. Pengambilan data meliputi , kedalaman potong, gerak makan, waktu pemotongan, daya, dan efisiensi pemotongan.

Tabel 3.1 Hasil pengamatan baja ST 60 yang tidak diberi perlakuan panas.

No	Putaran (rpm)	Diameter benda kerja (mm)		Panjang benda kerja (mm)	Kedalaman potong (mm)	Gerak makan (mm/s)	Waktu pemotongan (min)
1	290	35	33	60	1	0,16	06:29
2	370	35	33	60	1	0,16	02:37
3	460	35	33	60	1	0,16	03:58

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang total yang terpotong dalam ukuran mili meter yang diperkirakan apabila benda kerja berputar selama satu menit. Kecepatan potong ditentukan dengan rumus :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \times 33 \times 290}{1000} = 30,0498 \text{ (mm/menit)} \rightarrow 0,50083 \text{ (mm/s)}$$

$$d = \left(\frac{d_o + d_m}{2} \right) = \left(\frac{35 + 33}{2} \right) = 34 \text{ mm}$$

Jadi kecepatan potongnya adalah = 30,0498 mm/menit \rightarrow 0,50083 (mm/s)

Di mana : V = kecepatan potong (mm/menit)

$$\pi = 3,14$$

d = diameter rata – rata

Di mana : $d = (d_o + d_m)/2$

n = kecepatan putar poros utama,(rpm)

Kecepatan pemakanan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Untuk menghitung kecepatan pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$V_f = f \cdot n = 0,16 \times 4,833$$

$$V_f = 0,773333 \text{ (mm/s)}$$

Dimana : V_f = kecepatan gerak pemakanan (mm/s)

f = Gerak makan (mm/menit)

n = Putaran benda kerja (rad/menit)

$$f = 0,16 \text{ (mm/s)}$$

$$n = 4,833 \text{ (rad/s)}$$

Kecepatan penghasil geram adalah :

$$Z = f \cdot a \cdot v$$

$$= 0,16 \times 1 \times 0,50083$$

$$Z = 0,08013 \text{ (mm/s)}$$

Dimana : Z = kecepatan penghasil geram (mm)

f = Gerak makan (mm/menit)

a = kedalaman potong (mm)

v = kecepatan potong (m/min)

$$f = 0,16 \text{ (mm/s)}$$

$$a = 1 \text{ (mm)}$$



$$v = 0,50083 \text{ (mm/s)}$$

- Penampang geram sebelum terpotong :

$$\begin{aligned} A &= f \cdot a \\ &= 0,16 \times 1 \\ &= 0,16 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

Untuk menentukan gaya potong spesifik referensi (k_{s11}), dapat dilihat pada tabel 1 (lampiran). Pada tabel tersebut terlihat bahwa baja karbon menengah memiliki $k_{s11} = 1650 \text{ N/mm}^2$

$$K_s = k_{s11} \cdot f^{-2} \cdot C_k \cdot C_y \cdot C_{VB} \cdot C_v$$

Dimana : k_{s11} = Gaya potong spesifik referensi (N/mm^2)

C_k = Faktor koreksi sudut potong utama k_r (1 untuk $k_r = 90^\circ$)

C_y = Faktor koreksi sudut geram γ_0 (0,96 untuk $\gamma_0 = 10^\circ$)

C_{VB} = Faktor koreksi VB (1,08 untuk $f = 1 \text{ mm}$)

C_v = Faktor koreksi kecepatan potong (1,11 untuk kecepatan potong 0,50083 mm/s)

$$\begin{aligned} \text{Maka diperoleh : } k_s &= (1650) \cdot (0,16)^{-0,2} \cdot (1) \cdot (0,96) \cdot (1,08) \cdot (1,11) \\ &= 60,76477 \text{ (N/m}^2 \text{)} \end{aligned}$$

- Sehingga didapatkan gaya potong :

$$\begin{aligned} F_v &= K_s \cdot A \longrightarrow A = f \cdot a \\ &= 60,76477 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_v = 9,7223639 \text{ (N)}$$

Dimana : F_v = Gaya potong (N)

K_s = Gaya potong spesifik (N/m^2)

A = Penampang geram sebelum terporong (mm^2)

Daya potong adalah daya yang dibutuhkan saat pemotongsn berlangsung, jadi daya potong terjadi atau dibutuhkan pada pahat.

$$\begin{aligned} N_{ct} = N_c &= \frac{f_v \cdot v}{60.000} \\ &= \frac{9,7223639 \times 0,50083}{60.000} \\ &= 0,081154 \text{ (kw)} \end{aligned}$$

Dimana : N_{ct} = daya pemotongan total (kw)

N_c = daya potong (kw)

f_v = gaya potong (N)

v = kecepatan potong (mm/s)

$f_v = 9,7223639 \text{ (N)}$

$v = 0,50083 \text{ (mm/s)}$

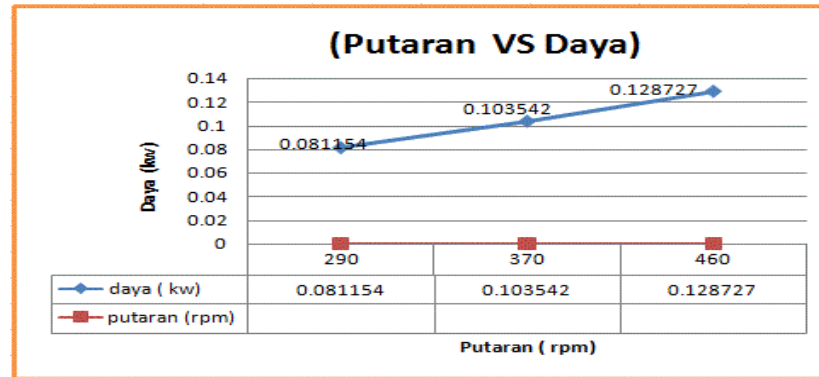
Oleh karena itu ,efisiensi pemesinan di definisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{N_c}{N_{mc}} \cdot 100 \% \\ &= \frac{0,081154}{1500} \cdot 100 \% \\ &= 0,000054 \text{ (%)} \end{aligned}$$



Tabel 3.2 Perbandingan antara putaran (rpm) dan Daya (kw) tanpa perlakuan panas.

No	Bahan uji baja ST 60	Putaran (rpm)	Daya (kw)
1	Tanpa perlakuan panas	290	0,081154
		370	0,103542
		460	0,128727

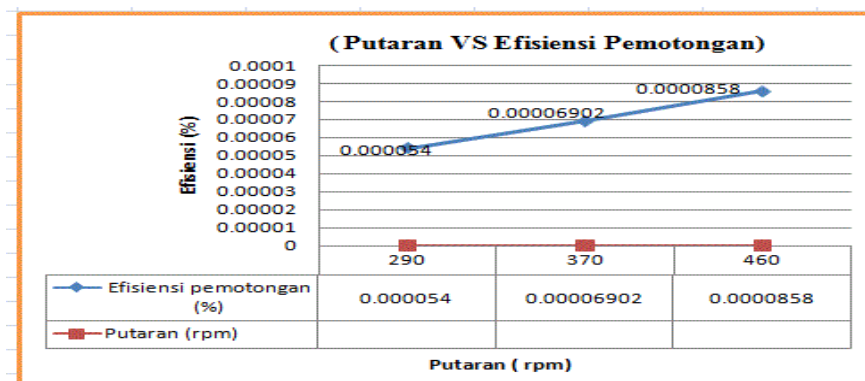


Gambar 3.1 Grafik Putaran vs Daya

Pada gambar 3.1 menunjukkan pada material yang tidak diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai dayanya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, nilai daya mengalami kenaikan 0,103542 kw pada putaran 370 rpm dan nilai daya mengalami kenaikan 0,128727 kw pada putaran 460.

Tabel 3.3 Perbandingan antara putaran dan Efisiensi pemotongan tanpa perlakuan panas.

No	Bahan uji baja ST 60	Putaran (rpm)	Efisiensi pemotongan (%)
1	Tanpa perlakuan panas	290	0,000054
		370	0,00006902
		460	0,0000858

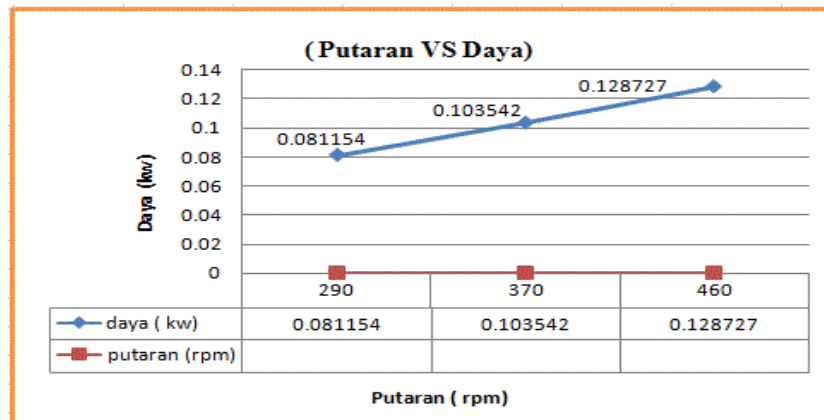


Gambar 3.2 Grafik Putaran vs Efisiensi

Pada grafik diatas pada material yang tidak diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai efisiensinya 0,000054 (%) pada putaran 290 rpm, nilai efisiensi mengalami kenaikan 0,00006902 (%) pada putaran 370 rpm dan nilai efisiensi mengalami kenaikan 0,0000858 (%) pada putaran 460.

Tabel 3.3 Putaran dan Daya dengan perlakuan panas

No	Bahan uji baja ST 60	Putaran (rpm)	Daya (kw)
1	perlakuan panas	290	0,081154
		370	0,103542
		460	0,128727

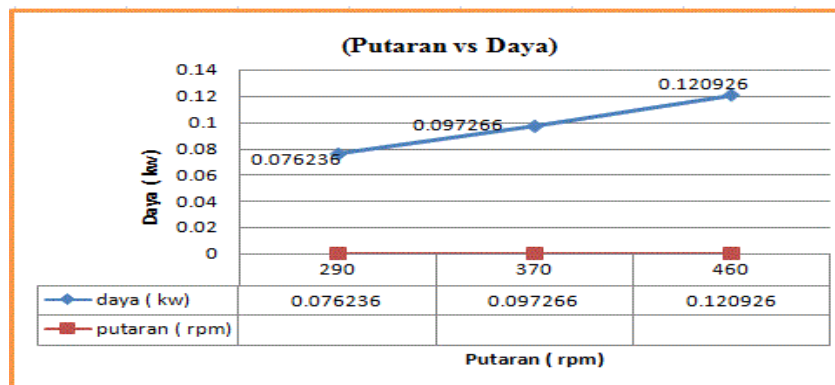


Gambar 3.3 Grafik Putaran vs Daya dengan perlakuan panas

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa, pada material yang diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai dayanya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, nilai daya mengalami kenaikan 0,103542 kw pada putaran 370 rpm dan nilai daya mengalami kenaikan 0,128727 kw pada putaran 460

Tabel 3.4 Perbandingan antara putaran dan daya dengan perlakuan panas

No	Bahan uji baja ST 60	Putaran (rpm)	Daya (kw)
1	perlakuan panas	290	0,076236
		370	0,097266
		460	0,120926

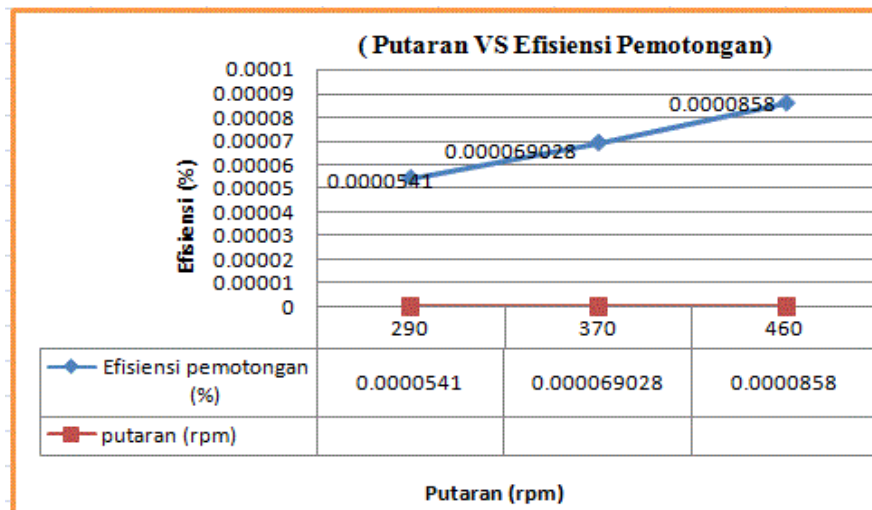


Gambar 3.4 Grafik Putaran vs Daya dengan perlakuan panas

Pada gambar 3.4 menunjukkan bahwa pada material yang diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai dayanya 0,076236 kw pada putaran 290 rpm, nilai daya mengalami kenaikan 0,097266 kw pada putaran 370 rpm dan nilai daya mengalami kenaikan 0,120926 kw pada putaran 460.

Tabel 3.5 Perbandingan antara putaran dan Efisiensi pemotongan perlakuan panas.

No	Bahan uji baja ST 60	Putaran (rpm)	Efisiensi pemotongan (%)
1	perlakuan panas	290	0,0000541
		370	0,000069028
		460	0,0000858



Gambar 3.5 Grafik Putaran vs Efisiensi dengan perlakuan panas

Pada gambar 3.5 menunjukkan bahwa pada material yang diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai efisiensinya 0,0000541 (%) pada putaran 290 rpm, nilai efisiensi mengalami kenaikan 0,000069028 (%) pada putaran 370 rpm dan nilai efisiensi mengalami kenaikan 0,0000858 (%) pada putaran 460.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada proses pembubutan yang terjadi mengalami pengaruh dimana nilai daya material yang tidak diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai dayanya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, nilai daya mengalami pengaruh dimana 0,103542 kw pada putaran 370 rpm dan nilai daya mengalami pengaruh dimana 0,128727 kw pada putaran 460 rpm untuk panjang pemekanan 60 mm.
- 2) Pada proses pembubutan yang terjadi mengalami pengaruh dimana nilai efisiensinya material yang tidak diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai efisiensinya



- 0,000054 (%) pada putaran 290 rpm, nilai efisiensi mengalami pengaruh dimana 0,00006902 (%) pada putaran 370 rpm dan nilai efisiensi mengalami pengaruh dimana 0,0000858 (%) pada putaran 460 rpm, untuk panjang pemakanan 60 mm.
- 3) Pada proses pembubutan yang terjadi mengalami pengaruh dimana nilai daya material yang diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai dayanya 0,081154 kw pada putaran 290 rpm, nilai daya mengalami pengaruh dimana 0,103542 kw pada putaran 370 rpm dan nilai daya mengalami pengaruh dimana 0,128727 kw pada putaran 460 rpm untuk panjang pemakanan 60 mm.
- 4) Pada proses pembubutan yang terjadi mengalami pengaruh dimana nilai efisiensinya material yang diberi perlakuan panas sangat mempengaruhi dimana nilai efisiensinya 0,0000541 (%) pada putaran 290 rpm, nilai efisiensi mengalami pengaruh dimana 0,000069028 (%) pada putaran 370 rpm dan nilai efisiensi mengalami pengaruh dimana 0,0000858 (%) pada putaran 460 untuk panjang pemakanan 60 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Angga zeptiawan, 2018 *Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Perubahan Temperature Pahat Dan Keausan Pahat Bubut Pada Proses Pembubutan Baja Karbon Sedang, Universitas Halu Oleo, Kendari.*
- I Gusti Komang Dwijana, 2009. *Analisa Pengaruh Modifikasi Pahat Bubut Terhadap Gaya, Daya, Temperatur Pemotongan Pada Pembubutan Material ST 42, Universitas Undayana, Bandung.*
- Rochim, taufiq, 1993. *Teori dan teknologi proses permesinan. Bandung: ITB.*
- Rudy poeng, 2015 *analisis pengaruh putaran spindel terhadap gaya Potong Pada Mesin Bubut, Universitas Sam Ratulangi, Manado.*
- Zubaidi syafaat, 2012 *analisis pengaruh kecepatan putar dan Kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan Material FCD 40 pada mesin bubut CNC, universitas wahid Hasyim, semarang.*