

# JUS TEKNO

Jurnal Sains & Teknologi

---

## Rancang Bangun Prototipe *Holder Drill* dengan dua ukuran lubang 16 mm dan 25 mm pada proses pengeboran.

Sigit Widiyanto

Teknik Mesin, STT Duta Bangsa, Bekasi, Juni 2019

### ABSTRAK

Dalam rangka meningkatkan kecepatan kerja dalam pembuatan sebuah lubang, maka akan dirancang sebuah pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang bisa membuat lubang diameter 16 mm dan 25 mm pada material baja lunak (*Mild Steel*), dimana hasil rancangan tersebut dapat menghasilkan lubang dengan sekali proses pengeboran

Dari kegiatan perancangan, pembuatan dan pengujian, didapatkan hasil yaitu, *prototype* pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang di rancang dengan ukuran *Holder Drill* bor 13 mm dan 18 mm yang mampu membuat lubang diameter 16 mm dan 25 mm pada material baja konstruksi (*Mild Steel*). Besar gaya yang diderita pahat *carbide* (Ft) yang berdiameter 16 mm adalah 1.655,67 N. Sedangkan Ft pada pahat *carbide* yang berdiameter 25 mm adalah sebesar 1.655,38 N. Kapasitas gaya *cutting tool* (pahat *carbide*) (F) adalah sebesar 22.050 N. Sehingga disimpulkan bahwa desain dan perhitungan pahat *carbide* tepat, karena kedua nilai Ft lebih kecil dari pada nilai F.

Kata Kunci : Holder Drill dengan fungsi dua ukuran, proses pelubangan.

### 1.Latar Belakang

Salah satu tahapan kerja dalam pembangunan konstruksi adalah pekerjaan sambungan yaitu menyambung satu bagian konstruksi dengan bagian konstruksi yang lainnya. Penyambungan dapat dilakukan dengan proses las (*weld joint*), sambungan keling (*rivet joint*) maupun sambungan mur baut (*bolt nut joint*). Pada pekerjaan sambungan dengan keling maupun mur baut diawali dengan proses pelubangan. Besar kecilnya lubang dan jumlah lubang sangat tergantung pada besar kecilnya konstruksi yang juga berkaitan dengan besar kecilnya beban yang diterima bagian konstruksi tersebut. Secara umum besar diameter lubang untuk konstruksi baja bangunan bertingkat umumnya dapat mencapai diameter 25 mm. Pembuatan lubang keling atau baut dengan diameter besar atau lebih besar dari 10 mm umumnya dibuat melalui tiga tahapan proses perbesaran lubang, yaitu dimulai dengan diameter bor 4 mm kemudian diameter 10 mm dan yang terakhir diameter yang dikehendaki yaitu 16 mm atau 25 mm. Proses tersebut membutuhkan banyak waktu yaitu waktu untuk proses pengeboran itu sendiri yang dilakukan bertahap sesuai diameter lubang ditambah dengan waktu untuk penggantian mata bor.

Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai proses pengeboran oleh : Wei Zhang dan Fengbao He, 2003, meneliti tentang pengaruh perubahan *drill point* pada *twist drill* guna meminimalkan panas yang

timbul pada saat melakukan pengeboran material *manganese steel*. Hasil dari perubahan *drill point* tersebut adalah menambah umur *twist drill* 33% lebih lama dibandingkan *conventional drill*. J.Pradeep Kumar dan P.Packiaraj, 2012, meneliti tentang kekasaran lubang hasil pengeboran akibat dari keausan mata bor sebagai efek perbedaan *drilling* parameter seperti : *cutting speed*, *feed*, dan diameter bor. Hasilnya adalah parameter pengeboran sangat mempengaruhi kekasaran permukaan, keausan bor, material *removal rate* dan penyimpangan diameter lubang . Liao dan Lin, 2007, meneliti tentang kebutuhan minimum *cutting fluid* pada pemotongan menggunakan material *High Speed Milling hardened Steel* dan pengaruhnya pada keausan mata potong *insert carbide*. Hasilnya adalah proses pemotongan dengan *lubrication* memperpanjang umur pahat, memperkecil gaya potong dan kekasaran permukaannya lebih halus. K. Ramesh, 2012 , meneliti tentang kestabilan pahat boring pada proses pembubutan, yang di fokuskan pada pemberian material yang dapat mengurangi pengaruh getaran yang di akibatkan proses pemotongan pahat. Namun semua penelitian diatas terfokus pada faktor parameter pemotongan terhadap lubang yang dihasilkan. Pada penelitian ini nanti akan di fokuskan pada perancangan dan pembuatan pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan lubang pada baja konstruksi dan pengujiannya pada mesin bor magnet.

### 1.1. Rumusan Masalah

Dalam rangka meningkatkan kecepatan kerja dalam pembuatan sebuah lubang, maka akan dirancang sebuah pahat bor pada *holder drill* dengan fungsi dua ukuran yang bisa membuat lubang pada baja benda kerja, dimana hasil rancangan tersebut dapat menghasilkan lubang dengan sekali proses pengeboran.

### 1.2. Tujuan Penelitian

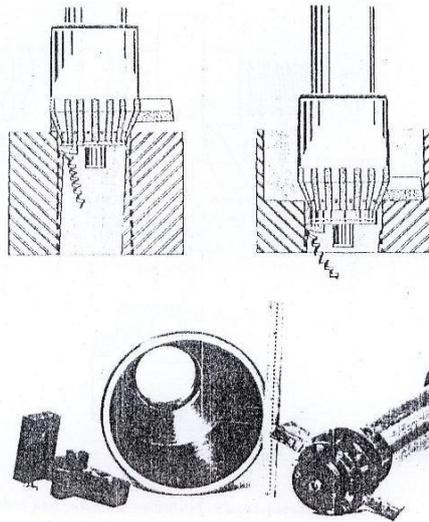
Tujuan dari penelitian ini adalah merancang pahat bor pada *Holder Drill* dengan fungsi dua ukuran yang mampu membuat lubang diameter 16 mm dan 25 mm pada material baja lunak (*Mild Steel*) dengan sekali proses pengeboran.

## 2. Dasar Teori.

### 2.1. Bor Dengan Fungsi Dua Ukuran

Merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membuat sebuah lubang dan biasa dipasang pada mesin bor (*drilling machine*). Mesin bor seperti mesin *milling* yang spindlenya dapat turun secara otomatis ataupun manual menggunakan *feeding* yang dapat diatur kecepatannya. Pemakanan benda kerja dengan menggeser posisi tool kearah bawah sampai memotong benda kerja sehingga menghasilkan diameter benda kerja seperti yang diinginkan. Jenis alat potongnya dapat dari material HSS (High Speed Steel) atau dengan *Cementedcarbide* tergantung dari material benda kerja yang akan dipotong.

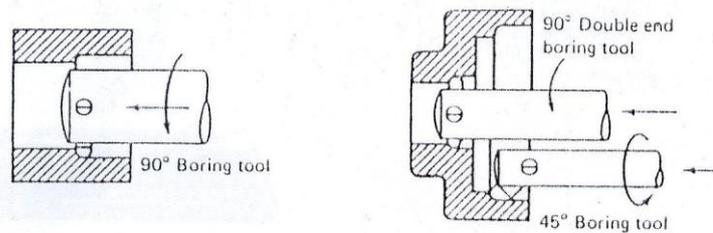
Berikut ini adalah contoh sebuah alat bor dengan fungsi dua ukuran dengan ukuran diameter tertentu.



Gambar 2.1 Alat bor dengan fungsi dua ukuran.

(Ostwalt. F Phillip, Monoz Jairo, 1997)

Dalam prinsip kerja pekerjaan boring ada 2 macam pekerjaan yang dapat dilakukan yaitu pembuatan lubang tembus dan pembuatan lubang tidak tembus. Berikut ini adalah sudut-sudut yang biasa digunakan untuk proses pembuatan lubang tembus, dapat dilihat seperti Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Sudut pemotongan tool untuk lubang tembus.

(Ostwalt. F Phillip, Monoz Jairo, 1997)

## 2.2 Alat Potong

Alat potong digunakan untuk mengurangi benda kerja . Alat potong ini terbuat dari *unalloyed tool steel, alloy tool steel, cemented carbide, diamond tips, ceramic cutting material*. Umurnya tergantung dari jenis bahan dasarnya, bentuk sisi potong dan pengasahannya.

Bahan dasar alat potong harus memiliki sifat-sifat :

1. Keras (agar “*cutting edge*” atau sisi potong dapat memotong benda kerja) dan ulet (sisi potong tidak mudah patah).
2. Tahan panas (supaya ketajaman sisi potong tidak mudah aus atau rusak).
3. Tahan lama (secara ekonomis menguntungkan).

Jenis bahan dasar alat potong :

1. *Unalloyed tool steel*. Adalah baja yang mengandung karbon 0,5-1,5%. Kekerasannya akan hilang pada suhu 250 derajat celsius, oleh sebab itu tidak cocok untuk kecepatan potong

(*cutting speed*) tinggi.

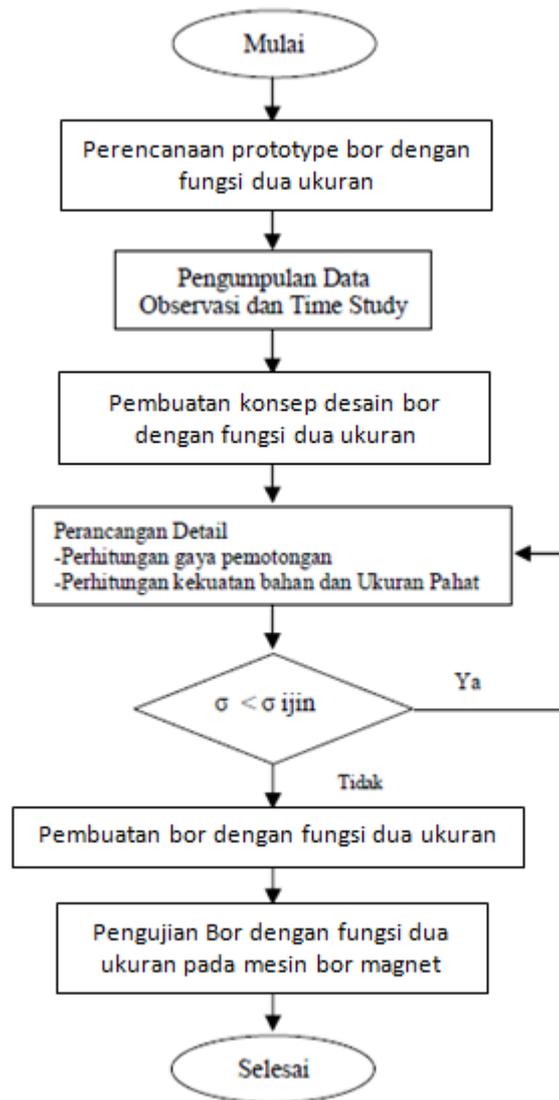
*Unalloyed tool steel* dikenal dengan nama “*carbon steel*” atau “*tool steel*”, hanya dipakai secara khusus.

2. *Alloy tool steel*. Baja ini mengandung karbon, kromium, vanadium, dan molybdenum. Tentang macam campurannya ada baja campuran tinggi dan rendah. *High speed steel (HSS)* adalah baja campuran tinggi yang tahan terhadap keausan pada suhu sampai 600 derajat celcius. Ketahanan tinggi tersebut dikarenakan mengandung tungsten. *HSS* ini digunakan untuk pemotongan dengan kecepatan tinggi. Karena *HSS* harganya sangat mahal maka hanya *cutting edge*-nya saja yang dibuat dari *HSS* sedangkan tangkainya dibuat dari material *carbon steel*. *Cutting edge* tersebut dilas pada tangkainya.
3. *Cemented carbide*. Digunakan untuk meningkatkan kemampuan alat potong, susunan utamanya adalah : tungsten atau molybdenum, kobalt, dan karbon. *Cemented carbide* ini dibrassing pada tangkai alat potong yang terbuat dari *carbon steel*. Kelebihannya adalah pada suhu 900 derajat celcius *cemented carbide* ini masih mampu memotong dengan baik dan dapat dilakukan pengasahan jika sudah tumpul, oleh sebab itu dapat dipakai pada pengerjaan dengan putaran tinggi. Dengan demikian waktu pengerjaan dipersingkat dan putaran yang tinggi menghasilkan permukaan halus. Supaya memperoleh hasil seperti itu kita perlu memilih *cemented carbide* yang cocok untuk berbagai macam material yang akan dikerjakan.
4. *Diamond tips*. Dalam banyak hal *cutting edge* dari alat potong kerap kali berupa diamond tips yang sangat keras dan tahan lama. Adapun penggunaannya untuk pengerjaan *finishing* pada mesin-mesin khusus.
5. *Ceramic cutting materials*. Material ini sangat keras, penggunaannya seperti pada *cutting tips* yakni dipegang tangkainya.

### 3. METODE PERANCANGAN

#### 3.1 Penelitian

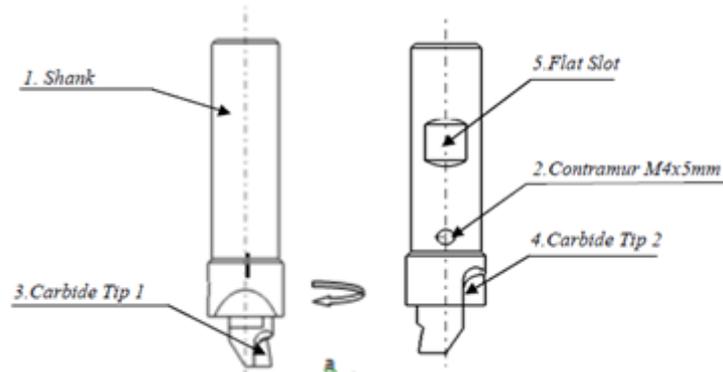
Langkah-langkah dalam perancangan prototype pahat bor dengan fungsi dua ukuran dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Perancangan Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran

### 3.2 Pembagian Fungsi

Pahat bor dengan fungsi dua ukuran ini hasil rancangannya dibagi menjadi beberapa bagian, seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Pembagian Fungsi Rancangan Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran

#### 1. Shank Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran

Digunakan sebagai bagian yang dicekam pada mesin bor magnet menggunakan *drill chuck* atau menggunakan pencekaman *slive* dengan diameter 16mm.

2. *Contramur* M4 x 5mm

Digunakan untuk mengunci *twist drill* agar tidak terjadi puntiran pada saat melakukan proses pengeboran.

3. *Carbide tip* 1

Digunakan sebagai pahat potong / *cutting tools* pada saat pembuatan lubang diameter 16 mm.

4. *Carbide tip* 2

Digunakan sebagai pahat potong pada saat pembuatan lubang diameter 25 mm.

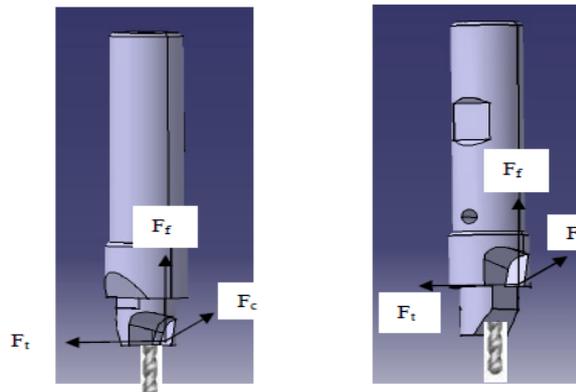
5. *Flat Slot*

Berfungsi untuk tempat kedudukan pengunci pada saat pahat di pasang menggunakan *chuck slive*.

## 4.PERANCANGAN

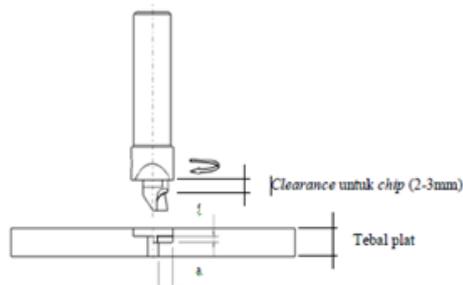
### 4.1. Perhitungan Gaya-gaya Utama pada Pahat Bor

Beban dan gaya yang diterima oleh komponen pahat bor dengan fungsi dua ukuran dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.

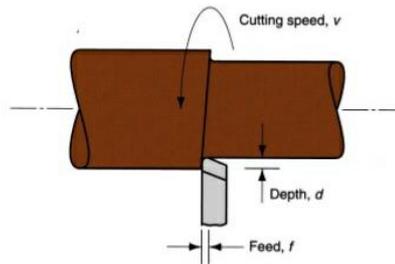


Gambar 4.1 Gaya-gaya utama pada pahat bor dengan fungsi dua ukuran

### 4.2 Perhitungan Pembuatan Lubang Diameter 16 mm



Gambar 4.2 Penampang Benda Kerja terhadap Pahat Bor 16 mm



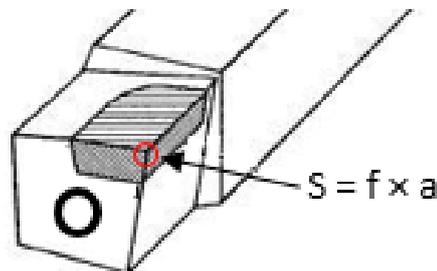
Gambar 4.3 Speed ( $V_c$ ), feed, dan depth of cut pada pahat bor dengan fungsi dua ukuran

Untuk menghitung besarnya kecepatan potong ( $V_c$ ) pada material benda kerja *Mild steel*, dengan alat potong *tool Carbide*, Depth of cut 5 mm, feed 0,2mm danputaran  $n = 320$  rpm, menggunakan rumus 2.5 adalah sebagai berikut :

$$V_c = \frac{d \times \pi \times n}{1000}$$

$$V_c = \frac{16 \text{ mm} \times \pi \times 320 \text{ rpm}}{1000}$$

$$V_c = 16,076 \text{ m/min} = 16076 \text{ mm/min}$$



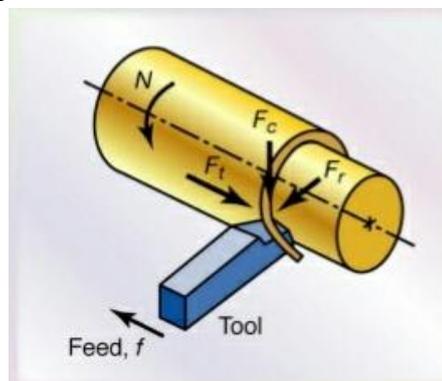
Gambar 4.4 Luas penampang total ( $S$ ) pada proses pemotongan

$f = 0,2$  mm/rev,  $V_c = 16,076$  m/min, berdasarkan tabel gaya potong ( $K_c$ ) = 2800 N/mm<sup>2</sup>. Maka luas penampang total pada proses pemotongan ( $S$ ) :

$$S = a \times f$$

$$= 5 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm}$$

$$= 1,0 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.5 Gaya yang ditimbulkan karena pemotongan pahat bor persatuan luas ( $F_c$ )

Sehingga gaya yang ditimbulkan karena pemotongan pahat bor persatuan luas ( $F_c$ ) :

$$F_c = S \times K_c$$

$$= 1,0 \text{ mm}^2 \times 2800 \text{ N/mm}^2$$

$$= 2800 \text{ N}$$

### Power Spindle

Berdasarkan table material *Mild Steel*, ketebalan tatal 0.2 mm, maka didapatkan besarnya *Power Spindle* :

$$P_u = 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min}$$

Dengan dasar tabel kekerasan untuk mild steel = 200BHN, didapatkan angka :

$$k_h = 1.975 \text{ (faktor koreksi, untuk mild steel, ketebalan tatal 0,2 mm)}$$

$$k_r = 1.29 \text{ (faktor koreksi, untuk sudut potong } = -10^\circ)$$

Sehingga untuk mendapatkan Volume tatal tiap menitnya (Q) :

$$Q = a \times f \times Vc$$

$$= 5 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm/rev} \times 16,076 \text{ mm/min}$$

$$= 16076 \text{ mm}^3/\text{min}$$

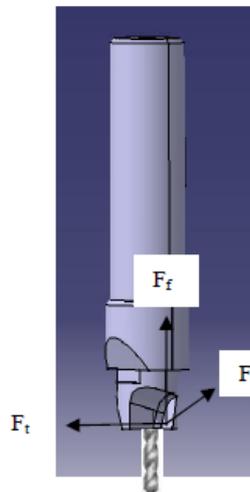
$$= 16,076 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Untuk menghitung besarnya *power spindle* (P) menggunakan rumus yaitu:

$$P = P_u \times k_h \times k_r \times Q$$

$$= 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min} \times 1,975 \times 1,29 \times 16,076 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$= 1,597 \text{ kW}$$



Gambar 4.6 Gaya-gaya utama pada pahat bor dengan ukuran diameter 16 mm

Berdasarkan rumus dapat di hitung besarnya gaya yang diderita oleh pahat bor, yaitu :

$$F_t = \frac{1000 \times P}{V}, V = \text{cutting speed} = 16.076 \text{ m/min}$$

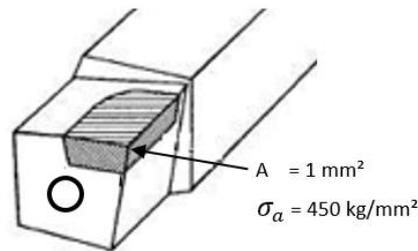
$$F_t = \frac{1000 \times 1,597 \text{ kW}}{16,076 \times 60 \text{ m/s}} = 1,65567 \text{ KN} = 1655,67 \text{ N}$$

Jadi gaya yang diderita pahat bor adalah sebesar  $F_t = 1655,67 \text{ N}$  dan  $F_c = 2800 \text{ N}$ .  $F_t$  merupakan gaya yang diakibatkan karena adanya gaya sentrifugal akibat dari putaran spindle mesin bor magnet sedangkan  $F_c$  merupakan gaya yang diakibatkan karena pemotongan benda kerja oleh alat potong jenis *carbide*.

Gaya yang terjadi pada pahat *carbide*( $F_t$ ) harus lebih kecil dari pada kapasitas gaya *cutting tool*. Diketahui tegangan tarik( $\sigma_t$ )tungsten carbide = 1.800 kg/mm<sup>2</sup>; faktor keamanan (sf) = 4 ; Maka dapat dihitung tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) menggunakan rumus :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_t}{sf}$$

$$\sigma_a = \frac{1800}{4} = 450 \text{ kg/mm}^2$$



Gambar 4.7 Tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) pada pahat *carbide*

Untuk mencari gaya *cutting tool* (F), diketahui tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) = 450 kg/mm<sup>2</sup>; Luas permukaan *carbide* yang bersinggungan dengan benda kerja (A) = 1 mm<sup>2</sup> ; Maka gaya *cutting tool* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_a = \frac{F}{A}$$

$$450 = \frac{F}{1}$$

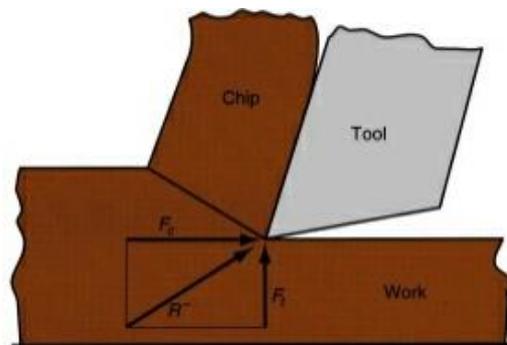
$$F = 450 \times 1 = 450 \text{ kg}$$

$$450 \times 9,8 = 4.410 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, besar gaya yang diderita pahat *carbide* (F<sub>t</sub>) adalah 1.655,67 N. Sedangkan kapasitas gaya *cutting tool* (pahat *carbide*) (F) adalah sebesar 4.410 N. Sehingga disimpulkan bahwa desain dan perhitungan pahat *carbide* tepat, karena nilai F<sub>t</sub> lebih kecil dari nilai F.

#### 4.3 Perhitungan Kekuatan Bahan untuk Membuat Lubang Diameter 16 mm

Berdasarkan data mesin P motor= 1,2 kW, dan Putaran n = 320 rpm, maka gaya resultan yang diderita oleh pahat bor dapat dihitung berdasarkan rumus 2.11.

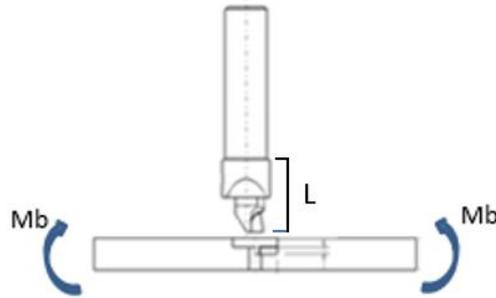


Gambar 4.8 Diagram Gaya Resultan

$$F_{resultan} = \sqrt{F_c^2 + F_t^2}$$

$$= \sqrt{(2800 \text{ N})^2 + (1655,67 \text{ N})^2}$$

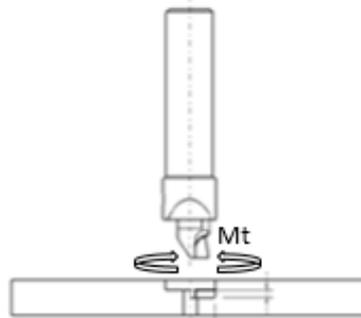
$$= 3252,882 \text{ N}$$



Gambar 4.9 Momen bengkok ( $M_b$ ) dan panjang dari ujung pahat bor sampai pengekanan *drill chuck* ( $L$ )

Oleh karena  $F_{resultan} = 3252,882$  N, maka didapat momen bengkok ( $M_b$ ) menggunakan rumus sebesar :

$$\begin{aligned} M_b &= F_{resultan} \times L \\ &= 3252,882 \text{ N} \times 30 \text{ mm} \\ &= 97.586,46 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar 4.10 Momen Puntir ( $M_t$ ) pada pahat *carbide*

Kemudian besarnya momen puntir ( $M_t$ ) akibat Power ( $P$ ) motor 1,2 kW, menggunakan rumus adalah :

$$\begin{aligned} M_t &= \frac{9550 \times P}{n} \\ &= \frac{9550 \times 1,2}{320 \text{ rpm}} \\ &= 35,812 \text{ KNmm} \\ &= 35812 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen puntir karena *power spindle* ( $P$ ) pemotongan total = 1,597 kW, didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_t &= \frac{9550 \times P}{n} \\ &= \frac{9550 \times 1,597 \text{ kW}}{320 \text{ rpm}} \\ &= 47,6604 \text{ KNmm} \\ &= 47660,46 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk menentukan diameter pahat bor menggunakan momen punter terbesar yang ditimbulkan oleh *power spindle* ( $P$ ) pemotongan total = 1,597 kW.

Material yang digunakan untuk pembuatan *prototype* pahat bor adalah st.60. Berdasarkan diagram Smith didapatkan:

$$\begin{aligned}\sigma_{bw} &= 300 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan bengkok ganti/reverse bending strength)} \\ \sigma_{bsch} &= 460 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan bengkok ulang/continous bending strength)} \\ \sigma_{tsch} &= 230 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan puntir ulang/continous torque strength)}\end{aligned}$$

Diameter pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang disebabkan oleh momen bengkok murni di hitung berdasarkan rumus

$$\begin{aligned}d &= \sqrt[3]{\frac{Mb}{0,1 \times \sigma_{bw} \text{ijin}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{97.586,46}{0,1 \times 300}} = 14,81 \text{ mm}\end{aligned}$$

Diameter pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang disebabkan oleh momen bengkok ( $M_b$  maks = Nmm) dan momen puntir ( $M_t$  = Nmm) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}M_b \text{ maks} &= 97.586,46 \text{ Nmm} \\ M_t &= 47.660,46 \text{ Nmm} \\ &\text{(momen puntir terbesar karena pemotongan dengan depth of cut 5mm)}\end{aligned}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{1,73 \times \sigma_{tsch}} = \frac{300}{1,73 \times 230} = 0,754$$

Besarnya momen gabungan ( $M_v$ ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}M_v &= \sqrt{M_b^2 + 0,75(\alpha_0 \times M_t)^2} \\ &= \sqrt{97.586,46^2 + 0,75(0,754 \times 47.660,46)^2} \\ &= 102428,821 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Angka keamanan untuk mesin perkakas  $v= 1.5$ , dapat dihitung dengan rumus

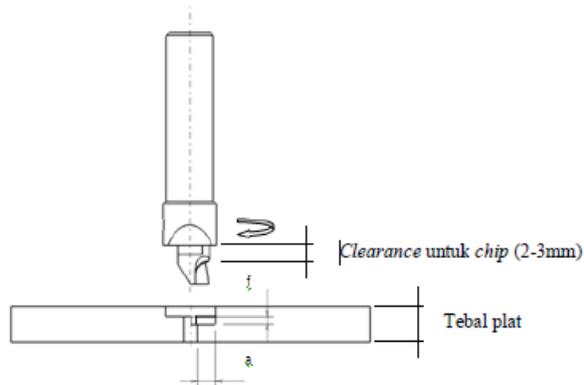
$$\sigma_{b \text{ijin}} = \frac{\sigma_{bw}}{\gamma} = \frac{300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 200 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga, diameter untuk pahat bor ( $d$ ) dapat dihitung dengan rumus yaitu :

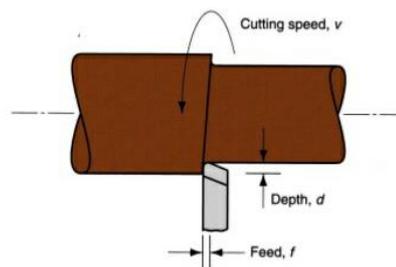
$$\begin{aligned}d &= \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{bw} \text{ijin}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{102428,821}{0,1 \times 200}} = 17,23 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi diameter minimum pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang dipakai adalah 17 mm, ini dihitung berdasarkan momen gabungan yaitu momen puntir akibat pemotongan tatal dan momen bengkok.

#### 4.4 Perhitungan Untuk Membuat Lubang Diameter 25 mm



Gambar 4.11 Penampang Benda kerja Terhadap Pahat Bor 25 mm



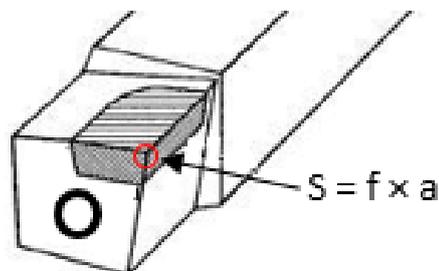
Gambar 4.12 Speed ( $V_c$ ), feed, dan depth of cut pada pahat bor dengan fungsi dua ukuran

Berdasarkan analogi perhitungan diatas, maka untuk menghitung besarnya kecepatan potong ( $V_c$ ) pada material benda kerja *Mild steel*, dengan alat potong *tool Carbide*, Depth of cut 5 mm, feed 0,2 mm dan putaran  $n = 320$  rpm untuk membuat lubang diameter 25 mm, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_c = \frac{d \times \pi \times n}{1000}$$

$$V_c = \frac{25 \text{ mm} \times \pi \times 320 \text{ rpm}}{1000}$$

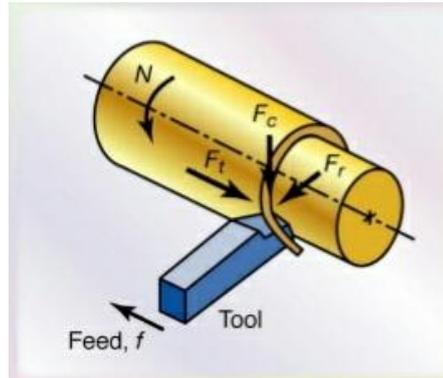
$$V_c = 25,12 \text{ m/min} = 25.120 \text{ mm/min}$$



Gambar 4.13 Luas penampang total ( $S$ ) pada proses pemotongan

$f = 0,2$  mm/rev,  $V_c = 25,12$  m/min, berdasarkan Tabel gaya potong ( $K_c$ ) = 2800 N/mm<sup>2</sup>. Maka luas penampang total pada proses pemotongan ( $S$ ) adalah :

$$\begin{aligned}
 S &= a \times f \\
 &= 5 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm} \\
 &= 1,0 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Gaya yang ditimbulkan karena pemotongan pahat bor persatuan luas ( $F_c$ )  
 Sehingga, gaya yang ditimbulkan karena pemotongan pahat bor persatuan luas ( $F_c$ )  
 adalah :

$$\begin{aligned}
 F_c &= S \times K_c \\
 &= 1,0 \text{ mm}^2 \times 2800 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 2800 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### **Power Spindle**

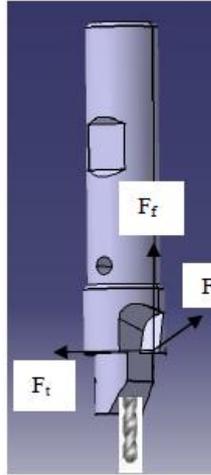
$$\begin{aligned}
 P_u &= 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min} \\
 k_h &= 1,975 \text{ (faktor koreksi, untuk } \textit{mild steel}, \text{ ketebalan tatal } 0,2\text{mm)} \\
 k_r &= 1,29 \text{ (faktor koreksi, untuk sudut potong } = -10 \text{ )}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk mendapatkan volume tatal tiap menitnya ( $Q$ ) :

$$\begin{aligned}
 Q &= a \times f \times V_c \\
 &= 5 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm/rev} \times 25,12 \text{ mm/min} \\
 &= 25120 \text{ mm}^3/\text{min} \\
 &= 25,12 \text{ cm}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung besarnya power spindle ( $P$ ) menggunakan rumus yaitu :

$$\begin{aligned}
 P &= P_u \times K_h \times K_r \times Q \\
 &= 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min} \times 1,975 \times 1,29 \times 25,12 \text{ cm}^3/\text{min} \\
 &= 2,495 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Gaya-gaya utama pada pahat bor dengan ukuran diameter 25 mm

Berdasarkan rumus dapat di hitung besarnya gaya yang diderita oleh pahat bor, yaitu :

$$F_t = \frac{1000 \times P}{V}, V = \text{cutting speed} = 25,12 \text{ m/min}$$

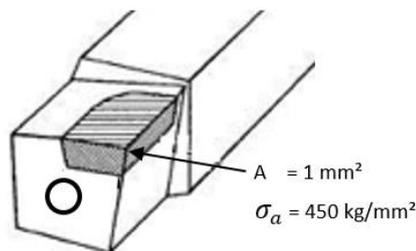
$$F_t = \frac{1000 \times 2,495 \text{ kW}}{25,12 \times 60 \text{ m/s}} = 1,65538 \text{ KN} = 1655,38 \text{ N}$$

Jadi gaya yang diderita pahat bor adalah sebesar  $F_t = 1655,38 \text{ N}$  dan  $F_c = 2800 \text{ N}$ .  $F_t$  merupakan gaya yang diakibatkan karena adanya gaya sentrifugal akibat dari putaran spindel mesin bor magnet sedangkan  $F_c$  merupakan gaya yang diakibatkan karena pemotongan benda kerja oleh alat potong jenis *carbide*.

Gaya yang terjadi pada pahat *carbide* ( $F_t$ ) harus lebih kecil dari pada kapasitas gaya *cutting tool*. Diketahui tegangan tarik ( $\sigma_t$ ) *tungsten carbide* =  $1.800 \text{ kg/mm}^2$  ; faktor keamanan ( $sf$ ) = 4 ; Maka dapat dihitung tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) menggunakan rumus :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_t}{sf}$$

$$\sigma_a = \frac{1800}{4} = 450 \text{ kg/mm}^2$$



Gambar 4.16 Tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) pada pahat *carbide*

Untuk mencari gaya *cutting tool* ( $F$ ), diketahui tegangan yang diizinkan ( $\sigma_a$ ) =  $450 \text{ kg/mm}^2$  ; Luas permukaan *carbide* yang bersinggungan dengan benda kerja ( $A$ ) =  $1 \text{ mm}^2$  ; Maka gaya *cutting tool* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_a = \frac{F}{A}$$

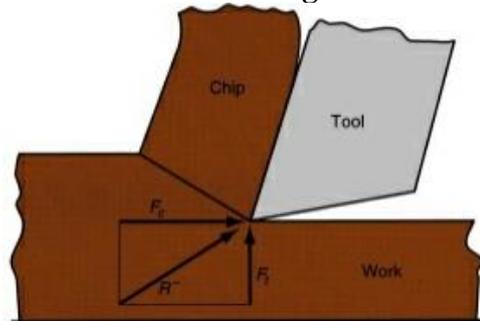
$$450 = \frac{F}{1}$$

$$F = 450 \times 1 = 450 \text{ kg}$$

$$450 \times 9,8 = 4.410 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, besar gaya yang diderita pahat *carbide* ( $F_t$ ) adalah 1.655,38 N. Sedangkan kapasitas gaya *cutting tool* (pahat *carbide*) ( $F$ ) adalah sebesar 4.410 N. Sehingga disimpulkan bahwa desain dan perhitungan pahat *carbide* tepat, karena nilai  $F_t$  lebih kecil dari nilai  $F$ .

#### 4.5 Perhitungan Kekuatan Bahan untuk Membuat Lubang Diameter 25 mm



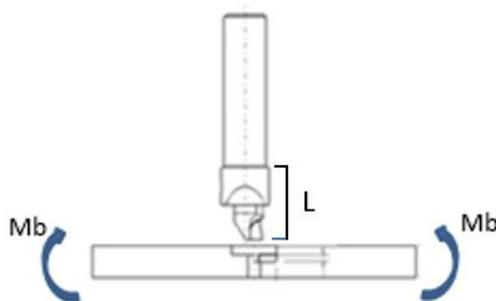
Gambar 4.17 Diagram Gaya Resultan

Berdasarkan data mesin P motor= 1,2 kW, dan Putaran  $n = 320$  rpm, maka gaya resultan yang diderita oleh pahat bor dapat dihitung berdasarkan rumus

$$F_{resultan} = \sqrt{F_c^2 + F_t^2}$$

$$= \sqrt{(2800 \text{ N})^2 + (1655,38 \text{ N})^2}$$

$$= 3252,73 \text{ N}$$



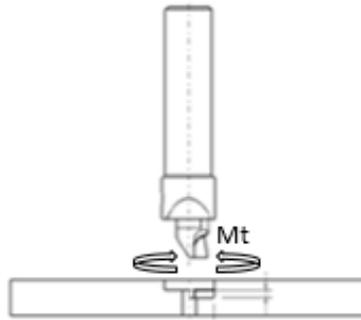
Gambar 4.18 Momen bengkok ( $M_b$ ) dan panjang dari ujung pahat bor sampai pencekaman *drill chuck* ( $L$ )

Oleh karena  $F_{resultan} = 3252,73 \text{ N}$ , maka didapat momen bengkok ( $M_b$ ) menggunakan rumus sebesar :

$$M_b = F_{resultan} \times L$$

$$= 3252,73 \text{ N} \times 18 \text{ mm}$$

$$= 58.549,14 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.19 Momen Puntir ( $M_t$ ) pada pahat *carbide*

Kemudian besarnya momen puntir ( $M_t$ ) akibat Power ( $P$ ) motor 1,2 kW, menggunakan rumus adalah :

$$\begin{aligned}
 M_t &= \frac{9550 \times P}{n} \\
 &= \frac{9550 \times 1,2}{320 \text{ rpm}} \\
 &= 35,812 \text{ KNmm} \\
 &= 35812 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen puntir karena *power spindle* ( $P$ ) pemotongan total = 2,495 kW, didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_t &= \frac{9550 \times P}{n} \\
 &= \frac{9550 \times 2,495 \text{ kW}}{320 \text{ rpm}} \\
 &= 74,46 \text{ KNmm} \\
 &= 74460 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk menentukan diameter pahat bor menggunakan momen puntir terbesar yang ditimbulkan oleh *power spindle* pemotongan total  $P = 2,495 \text{ kW}$ .

Material yang digunakan untuk pembuatan *prototype* pahat bor adalah st.60. Berdasarkan diagram Smith didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bw} &= 300 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan bengkok ganti / } \textit{reverse bending strength}) \\
 \sigma_{bsch} &= 460 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan bengkok ulang/} \textit{continous bending strength}) \\
 \sigma_{tsch} &= 230 \text{ N/mm}^2 \text{ (tegangan puntir ulang/} \textit{continous torque strength})
 \end{aligned}$$

Diameter pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang disebabkan oleh momen bengkok murni di hitung berdasarkan rumus.

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt[3]{\frac{M_b}{0,1 \times \sigma_{bw} \cdot j}} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{58.549,14}{0,1 \times 300}} = 12,496 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang disebabkan oleh momen bengkok ( $M_b$  maks = Nmm) dan momen puntir ( $M_t = \text{Nmm}$ ) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Mb_{\text{mak}} = 58.554 \text{ Nmm}$$

$$Mt = 71.505 \text{ Nmm}$$

(momen puntir terbesar karena pemotongan dengan *depth of cut* 5mm)

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{1,73 \times \sigma_{tsch}} = \frac{300}{1,73 \times 230} = 0,754$$

Besarnya momen gabungan ( $M_v$ ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_v &= \sqrt{Mb^2 + 0,75(\alpha_0 \times Mt)^2} \\ &= \sqrt{58.549,14^2 + 0,75(0,754 \times 74.460)^2} \\ &= 76.105,293 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Angka keamanan untuk mesin perkakas  $v = 1.5$ , dapat dihitung dengan rumus

$$\sigma_{b_{ijin}} = \frac{\sigma_{bw}}{\gamma} = \frac{300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 200 \text{ N/mm}$$

Sehingga, diameter untuk pahat bor ( $d$ ) dapat dihitung dengan rumus, yaitu :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{bw_{ijin}}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{76.105,293}{0,1 \times 200}} = 15,612 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi diameter minimum pahat bor dengan fungsi dua ukuran yang dipakai adalah 16 mm, ini dihitung berdasarkan momen gabungan yaitu momen puntir akibat pemotongan tatal dan momen bengkok sebesar  $Mv = 76.105,293$ .

#### 4.6 Perhitungan Diameter Baut Pengunci Twist Drill

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{d \times \pi \times n}{1000} \\ V_c &= \frac{6 \text{ mm} \times \pi \times 320 \text{ rpm}}{1000} \\ V_c &= 6,028 \text{ m/min} = 6.028 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

#### Power Spindle

$$P_u = 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min}$$

$$k_h = 1.975 \text{ (faktor koreksi, untuk mild steel, ketebalan tatal 0,2mm)}$$

$$k_r = 1.29 \text{ (faktor koreksi, untuk sudut potong } = -10^\circ \text{)}$$

$$\begin{aligned} Q &= a \times f \times V_c \\ &= 3 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm/rev} \times 6,028 \text{ mm/min} \\ &= 3.616,8 \text{ mm}^3/\text{min} \\ &= 3,6168 \text{ cm}^3/\text{min} \end{aligned}$$

$$P = P_u \times k_h \times k_r \times Q$$

$$= 0,039 \text{ kW/cm}^3/\text{min} \times 1,975 \times 1,29 \times 3,6168 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$= 0,359373 \text{ kW}$$

$$F_t = \frac{1000 \times P}{V}, V = \text{cutting speed} = 6,028 \text{ m/min}$$

$$F_t = \frac{1000 \times 0,359373 \text{ kW}}{6,028 \times 60 \text{ m/s}} = 0,993621 \text{ KN}$$

$$= 993,621 \text{ N}$$

Jadi gaya potong untuk *twist drill* adalah  $F_t = 993,621 \text{ N}$

Berdasarkan besarnya gaya potong *twist drill*  $F_t = 993,621 \text{ N}$ , material baut St.60 dan tegangan ijin tarik  $Q_z \text{ ijin} = 270 \text{ N/mm}^2$ , maka ukuran baut pengunci *twist drill* dapat dihitung berdasarkan rumus

$$A_{min} = \frac{F_t}{\sigma_{z \text{ ijin}}}$$

$$= \frac{993,621 \text{ N}}{270 \text{ N/mm}^2} = 3,68 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 3,68 \text{ mm}^2$$

$$d = 2,165 \text{ mm} < d \text{ baut M4} = 3,2$$

Jadi, diameter baut M4 aman untuk digunakan.

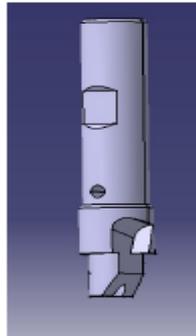
#### 4.7 Hasil Perhitungan Gaya dan Kekuatan Bahan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di awal, maka didapatkan hasil besaran-besaran pada proses perancangan pahat bor dengan fungsi dua ukuran. Nilai besaran tersebut dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.2 Nilai Besaran Hasil Perhitungan Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran

Keterangan	Simbol	Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran		Twist Drill HSS		
		Diameter 16 mm	Diameter 25 mm	Diameter 4 mm	Diameter 16 mm	Diameter 25 mm
Kecepatan potong (m/min)	Vc	16,076	25,120	4.019	14.067	24.115
Gaya potong persatuan luas (N/mm <sup>2</sup> )	k <sub>c</sub>	2.800	2.800	624.479	624.256	624.133
Luas chip yang dipotong (mm <sup>2</sup> )	S	1	1	1.201	4.205	7.21
Cutting force (N)	F <sub>c</sub>	2.800	2.800	750	2,625	4,500
Unit power of specific power (kW)	P <sub>u</sub>	0,039	0,039	0.039	0.039	0.039
Faktor koreksi akibat ketebalan chip	k <sub>h</sub>	1,975	1,975	1.975	1.975	1.975
Faktor koreksi akibat sudut potong	k <sub>r</sub>	1,29	1,29	1.21	1.21	1.21
Metal removal rate (cm <sup>3</sup> /min)	Q	16,076	25,120	0.803	9.847	28.938
Power (kW)	P	1,597	2,495	0.074	0.917	2.697
Tangential cutting force (N)	F <sub>t</sub>	1.655,67	1655,38	18.412	65.188	111.839
Power motor (kW)	P <sub>motor</sub>	1,2	1,2	1.2	1.2	1.2
Putaran (rpm)	N	320	320	320	320	320
Gaya resultan (N)	F <sub>resultan</sub>	3.252,882	3.253,73	750.225	2,625.81	4,501.39
Momen bengkok (Nmm)	M <sub>b</sub>	97.586,46	58.549,14	5,251.58	26,258.10	54,016.68
Momen puntir akibat motor (Nmm)	M <sub>t motor</sub>	35.812	35.812	35,812	35,812	35,812
Momen puntir (Nmm)	M <sub>t spindel</sub>	47.660,46	74.460	15,966.15	30,907.48	45,848.81
Tegangan bengkok ijin (N/mm <sup>2</sup> )	Σ <sub>bw</sub>	300	300	1200	1200	1200
Tegangan bengkok ganti (N/mm <sup>2</sup> )	Σ <sub>bsch</sub>	460	460	1500	1500	1500
Tegangan puntir ulang (N/mm <sup>2</sup> )	Σ <sub>tsch</sub>	230	230	1000	1000	1000

Diameter karena Mb (mm)	D	14,81	12,496	4	14	24
Faktor batas tegangan dinamik	$\alpha_0$	0.754	0,754	0.693	0.693	0.693
Momen gabungan (Nmm)	Mv	102.428,821	76.105,293	10,926.90	32,149.09	60,621.41
Tegangan bengkok ijin (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{b,ijin}$	200	200	800	800	800
Diameter karena Mv (mm)	D	17,23	15,612	4	14	24



Gambar 4.25 Draft Design



Gambar 4.27 Prototype Pahat Bor dengan Fungsi Dua Ukuran

## KESIMPULAN

Dari kegiatan perancangan, pembuatan dan pengujian ini dapat diambil beberapa simpulan, antara lain:

1. Berdasarkan perhitungan untuk membuat lubang diameter 16 mm dan 25 mm, besar gaya yang diderita pahat *carbide* ( $F_t$ ) adalah 1.655,38 N. Sedangkan kapasitas gaya *cutting tool* (pahat *carbide*) ( $F$ ) adalah sebesar 4.410 N. Sehingga disimpulkan bahwa desain dan perhitungan pahat *carbide* tepat, karena nilai  $F_t$  lebih kecil dari nilai  $F$  masih dalam batas aman

## DAFTAR PUSTAKA

- ATMI, 1995, *Tabel Elemen Mesin*, Akademi Teknik Mesin Industri, Surakarta.
- Budinski, Kenneth G. 1992. *Engineering Materials : Properties and Selection 4<sup>th</sup> Edition*. New Jersey : Prentice-Hall International, Inc.
- Dobrovolsky, V. Zablonsky, K. 1968. *Machine Elements*. Moscow : Mir Publisher.
- J.Pradeep Kumar dan P.Packiaraj, 2012 “ *Effect of Drilling Parameters on Surface Roughness, Tool Wear, Material Removal Rate and Hole Diameter Error in Drilling of Ohns* ” International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, hal. 150-154.
- K. Ramesh , 2012 “ *Investigation of Modal Analysis in The Stability of Boring Tool using Double Impact Dampers Model Development* ” European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.80 No.2 , hal. 182-190.
- Lingaih. K, 2001, *Elements of Machine Tool Design*, Chapter 25, New York.
- Niemann, G., 1999, *Elemen Mesin-Desain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan dan Poros*, Jilid 1, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Ostwalt. F Phillip, Monoz Jairo, 1997, *Manufacturing Processes and System*, Turning, Drilling, Boring and Milling Machine Tools (Chapter 9).
- Rao, P. N, 2000, *Manufacturing Technology, Metal Cutting and Machine Tools*, McGraw-Hill Book Company, New Delhi.
- Rochim, Taufiq, 2001, *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik*, ITB, Bandung.
- Roloff, Hermann dan matek, Wilhelm, 1978, *Maschinenelemente Normung, Berechnung und Gestaltung*, Vieweg Verlag, Braunschweig, Jerman Barat.
- Sudiby, B., 1987, *Kekuatan dan Tegangan Ijin*, Akademi Teknik Mesin Industri, Surakarta.
- Suroto, A., 1989, *Strength Of Materials*, Akademi Teknik Mesin Industri, Surakarta.
- Takeshi Sato. G dan Sugiarto Hartono. N, 1981, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO* , PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wei Zhang dan Fengbao He, 2003 “ *Gundrill life improvement for deep-hole drilling on manganese steel* ” International Journal of Machine Tools and Manufacture 44, hal. 327–331.
- William S. Gately., Harold A. Evensen, 1980, *Machine Design Data Book*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Wiryosumarto, H. Okumura T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Y.S. Liao dan H.M. Lin , 2007 “ *Mechanism of Minimum Quantity Lubrication in High-Speed Milling of Hardened Steel* ” International Journal of Machine Tools & Manufacture 47, hal. 1660–1666.