

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN PAHAT KHUSUS UNTUK EFISIENSI PROSES  
*DRILLING* PADA MESIN *CNC***

**OLEH :**

**M. IMAM RIZKI RABBANI**

**D021 17 1305**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN PAHAT KHUSUS UNTUK EFISIENSI PROSES  
*DRILLING* PADA MESIN *CNC***

**OLEH:**

**M. IMAM RIZKI RABBANI**

**D021 17 1305**

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PEMBUATAN PAHAT KHUSUS UNTUK EFISIENSI PROSES DRILLING PADA MESIN CNC

Disusun dan diajukan oleh

**M. IMAM RIZKI**

**D021 17 1305**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 16 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, M.T.**  
NIP. 195709141987031001



**Prof. Dr. Ir. Jalaluddin, S.T., MT**  
NIP. 197208252000031001

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA DIRI

Nama lengkap : M. IMAM RIZKI RABBANI  
Nama Panggilan : Imam  
Tempat / Tanggal Lahir : Karawang, 26 Agustus 1999  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Golongan Darah : O  
Alamat : Jl. Poros malino No.8  
Telepon / No. HP : 081293796768  
E-mail : [imamrr99@gmail.com](mailto:imamrr99@gmail.com)



### RIWAYAT PENDIDIKAN

- SDIT Nurul Ilmi (2004-2010)
- SMPIT Thariq Bin Ziyad Boarding School (2010-2013)
- SMAI Nurul Fikri Boarding School Lembang (2013-2016)
- Universitas Hasanuddin (2017-2022)

### RIWAYAT ORGANISASI

- OKFT-UH
- HMM FT-UH

## ABSTRACT

***M. Imam Rizki Rabbani*** (D021 17 1305). *Special Drilling Tool For Efficiency Drilling on CNC Machine. (supervised by Prof. Ir. Ilyas Renreng MT., and Ir. Ahmad Yusran Amini, MT.)*

*This study aims to determine the effect of a step drill on the efficiency of the drilling process and experiment using 3 methods. In this study, 3 methods were carried out with each method being varied with 3 kinds of NC programs that varied the spindle rotation, feed rate, and peek drill. The results of the 3 methods with 3 variations of the NC program will be tested experimentally. From the test results, it is shown that step drill provide more optimal results and more accurate accuracy. With dimensions (mm) of step drill 81X Ø7 X Ø8, Chamfer Ø8, Drill Ø7, Center Drill Ø2. The results of the drilling efficiency test show that there is a correlation between the variations of the NC program and the accuracy of the experimental work..*

*Keywords: Efficiency, NC Program, Step drill, Accuracy, Precision*

## ABSTRAK

**M. Imam Rizki Rabbani** (D021 17 1305). Pembuatan Pahat Khusus Untuk Efisiensi Proses Drilling Pada Mesin CNC. (Dibimbing oleh **Prof. Ir. Ilyas Renreng MT.**, dan **Ir. Ahmad Yusran Amini, MT.**)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pahat khusus terhadap efisiensi proses *drilling* dan *experiment* dengan menggunakan 3 metode. Pada penelitian ini dilakukan 3 metode dengan tiap metode divariasikan dengan 3 macam program NC yang memvariasikan putaran *spindle*, *feed rate*, dan *peek drill*. Hasil dari 3 metode dengan 3 variasi program NC tersebut akan dilakukan pengujian secara *experiment*. Dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa pahat khusus memberikan hasil yang lebih optimal dan ketelitian yang lebih akurat. Dengan dimensi (mm) pahat khusus 81X Ø7 X Ø8, *Chamfer Ø8*, *Drill Ø7*, *Center Drill Ø2*. Hasil pada pengujian efisiensi *drilling* menunjukkan adanya korelasi variasi program NC dengan akurasi ketelitian pengerjaan secara eksperimen.

Kata Kunci: Efisiensi, Program NC, Pahat Khusus, Akurasi Ketelitian

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, atas banyaknya Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sebagai tauladan kami yang menghantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal akhirat dan duniawi.

Akhir penyusunan skripsi “**PEMBUATAN PAHAT KHUSUS UNTUK EFISIENSI PROSES DRILLING PADA MESIN CNC**” sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua dan saudara-saudara saya (penulis) yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayangnya serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Ilyas Renreng MT., selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Ahmad Yusran Amini, MT., selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr.Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Ir. H. Muskari Bakri, ST., selaku ayah penulis serta Direktur perusahaan Pt.Yusamasu Tech Indonesia yang telah banyak membantu dan membimbing dalam proses pembelajaran dan penelitian selama proses penelitian di Cikarang, Bekasi.
5. Kedua Orang Tua penulis serta keluarga besar, yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta membesarkan penulis dengan bangga.
6. Bapak Bambang Hermanto S.IP, selaku paman penulis yang telah banyak membantu dalam proses pembelajaran dan penulisan.

7. Bapak Ahmad Nadir S.T., yang telah banyak membantu proses pengerjaan spesimen penelitian di PT. Yusamasu Tech Indonesia.
8. Bapak Suardi S.T., yang telah banyak membantu proses pemeriksaan spesimen penelitian di PT. Yusamasu Tech Indonesia
9. Bapak dan ibu dosen serta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Kepada Teman-teman angkatan 2017 Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan saya banyak pelajaran hidup dan motivasi yang sangat baik serta telah menjadi wadah dan tempat saya berlindung.
11. Kepada seluruh saudara-saudari yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, terima kasih telah memberi warna kehidupan penulis sebagai mahasiswa.  
Akhir kata, *jazakumullah khairan katsiran* atas semuanya dan penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam ilmu material dan program NC. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, 16 Januari 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I.....	10
PENDAHULUAN .....	10
1.1 Latar Belakang .....	10
1.2 Rumusan Masalah .....	12
1.3 Tujuan Penelitian.....	12
1.4 Batasan Masalah.....	12
1.5 Manfaat Penelitian.....	12
1.6 Metode Penelitian.....	13
BAB II.....	14
TINJAUAN PUSTAKA .....	14
2.1 Tipe – Tipe Cutting Tools .....	14
2.2 Mesin Perkakas.....	16
2.3 Machining Parameter .....	19
2.4 Material Cutting Tools .....	22
2.5 Toleransi.....	23
BAB III .....	26
METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Waktu dan Tempat .....	26
3.2 Metode Penelitian.....	26
3.3 Pembentukan Pahat .....	26
3.4 Alat Yang Digunakan.....	29
3.5 Diagram Alur Penelitian.....	39
3.6 Pengukuran variabel / Parameter.....	40
3.7 Analisis Data .....	41
BAB IV .....	42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Data dan Pembahasan Hasil Penelitian .....	42

4.2	Hasil Data Pengukuran Dengan Boring Gauge.....	61
4.3	Hasil Data Pengukuran Dengan CMM ( <i>Counter Measuring Machine</i> ). 79	
4.4	Hasil Data Perhitungan Waktu per Cycle Time Pada Setiap Metode ....	79
BAB V.....		81
KESIMPULAN.....		81
5.1	Kesimpulan.....	81
DAFTAR PUSTAKA .....		82
LAMPIRAN.....		83

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manufaktur adalah suatu bagian penting dari ekonomi industrial. Merupakan pendorong utama perkembangan ekonomi dan sudah dianggap demikian oleh sebagian besar negara di dunia, mengakibatkan persaingan internasional yang sengit. Utamanya pada industri otomotif di Indonesia merupakan pilar yang penting pada sektor manufaktur di Indonesia. Untuk membuat suatu komponen - komponen di pasar dibutuhkan alat bantu atau dapat disebut sebagai *cutting tools* pada industri otomotif. (J.Clean, 2020)

*Cutting tools* (pahat potong) mempunyai berbagai macam bentuk, material dan ukuran, aspek – aspek tersebut untuk memfasilitasi pengerjaan produksi. Ketepatan pada pemilihan sebuah *cutting tools* akan menghasilkan kualitas yang bagus serta dapat mengurangi biaya produksi. Tuntutan akan efisiensi dan presisi pada proses permesinan dan proses produksi merupakan hal yang sangat penting. Hal ini sejalan dengan perkembangan mesin perkakas, yang mana improvisasi terjadi pada berbagai hal didalamnya, misal pada sistem transmisi, konstruksi, material mesin perkakas, serta ditemukannya penerapan teknologi komputer pada mesin perkakas berupa *Computer Numerical Control* (CNC), yang mendasari konsep *High Perfomance Machining* dan *High Speed Machining*. Konsep *High Speed Machining* mengembangkan efisiensi pemotongan dengan menurunkan waktu pemotongan namun produk yang dihasilkan harus memiliki tingkat kepresisian yang tinggi dan kehalusan permukaan yang baik. Perkembangan mesin perkakas pada proses permesinan sejalan dengan perkembangan *cutting tools* yang merupakan komponen yang sangat penting dalam proses permesinan. Penelitian dan juga pengembangan yang dilakukan terjadi pada penggunaan material pembentuk *cutting tools* serta pada desain geometris yang mana tujuan akhirnya tentu untuk meningkatkan efektifitas serta efisiensi proses permesinan tersebut. (N. Ramesh & A. Ravi, 2017).

Performa dari *cutting tools* dapat dilihat dari berbagai aspek, diantaranya berupa umur pakai dari *cutting tools* ketahanan terhadap beban selama proses

permesinan, ketahanan terhadap perubahan suhu yang cukup tinggi selama proses pemotongan dan sebagainya. Sedangkan dari material benda kerja dapat dilihat dari tingkat kehalusan permukaan dan tingkat kepresisian dari material yang telah diproses permesinan. Faktor lain yang merupakan keuntungan dari desain *cutting tools* yang optimal adalah mengurangi *cycle time* (waktu proses) permesinan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pengerjaan. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi atau improvisasi pada *standard tools* atau membuat kombinasi dari berbagai jenis *cutting tools* yang digabungkan dalam satu bentuk menjadi *Special tools* (pahat potong khusus). Pada saat ini, dalam mensimulasikan desain pada *special cutting tools* dengan berbagai cara (grafik, analisis ketergantungan, model fungsional) dan juga berbagai metode (representasi tiga dimensi pada objek, metode penelitian, dll.) telah digunakan. Tujuan simulasi ialah untuk meningkatkan *cutting tools* pada segi desain dan untuk memperoleh karakteristik – karakteristik pahat yang menjamin proses manufaktur pada bagian – bagian tertentu dengan kualitas yang diinginkan. Proses produksi secara massal pada pembuatan lubang harus memiliki kualitas yang baik, yaitu yang memenuhi standar kehalusan permukaan dan ketepatan ukuran. Proses *drilling* merupakan proses yang umum digunakan dalam pembuatan lubang, namun pada proses ini masih terdapat kelemahan – kelemahan seperti terjadinya vibrasi yang mengakibatkan tidak tercapainya standar lubang yang diinginkan. (Stepanov A., 2008)

Dunia industri juga menghendaki efisiensi dan efektifitas pada proses berjalannya produksi. Pada proses permesinan selalu dicari solusi – solusi yang dapat mengurangi *lead time* (waktu tunggu) juga *cycle time* (waktu proses) dalam suatu *flow process* (siklus pengerjaan) produksi. Peningkatan dilakukan sehingga terjadi sebuah peningkatan dari segi kualitas suatu produk maupun peningkatan seberapa efisien suatu siklus produksi. Sehingga penelitian ini akan menghasilkan efektifitas perbandingan pemakaian *special tools* dan *standard tools* sehingga memberikan manfaat dalam proses produksi. Suatu siklus produksi selalu mengalami perubahan juga peningkatan seiring dengan berjalannya waktu. (J.Clean, 2020)

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk kemudian melakukan penelitian terkait efisiensi *special tools* terhadap *standard tools*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana pengaruh pahat standar dan pahat khusus dalam proses permesinan terhadap waktu proses (*Cycle time*)
- b) Bagaimana pengaruh pahat standar dan pahat khusus dalam proses permesinan terhadap akurasi toleransi ukuran lubang
- c) Bagaimana perbandingan pemakaian pahat standar dan pahat khusus terhadap kekasaran permukaan bagian dalam lubang

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a) Menganalisa pengaruh waktu proses (*cycle time*) dengan menggunakan pahat standar
- b) Menganalisa pengaruh pahat standar dan pahat khusus dalam proses permesinan terhadap akurasi toleransi ukuran lubang
- c) Menganalisa pengaruh perbandingan pemakaian pahat standar dan pahat khusus terhadap kekasaran permukaan bagian dalam lubang

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- a) Material yang digunakan untuk benda kerja adalah Baja S45C dengan ukuran 135 mm x 135 mm x 10 mm
- b) Pahat standar yang digunakan adalah :
  - Center drill HSS  $\varnothing 2$
  - Drill HSS  $\varnothing 7$
  - Chamfer Carbide  $\varnothing 10$
- c) Pahat khusus yang dibuat menggunakan *Carbide* dengan panjang 81 mm x  $\varnothing 7$  x  $\varnothing 10$

## 1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat, informasi sebagai referensi bahan ajar atau juga pembelajaran. Sebagai referensi pengembangan

konsep pemakaian atau penggunaan tool spesial dalam proses permesinan, juga sebagai bahan referensi untuk mengaplikasikan berbagai macam bentuk tool spesial untuk proses permesinan dengan menghasilkan waktu proses (*Cycle time*) yang lebih singkat.

### **1.6 Metode Penelitian**

Adapun metode yang digunakan dalam penyusunan penulisan ini yaitu :

- a) Metode eksperimen yaitu menggunakan metode yang digunakan pada saat proses penelitian untuk mendapatkan data – data yang dibutuhkan guna melengkapi penulisan. Proses ini meliputi penyediaan material, penyediaan tool standar, pembuatan gambar tool, pembuatan program pada mesin cnc, proses permesinan, perbandingan hasil waktu proses tool standar dan tool spesial.
- b) Metode Pustaka yaitu mengumpulkan referensi yang berhubungan dengan masalah yang akan dianalisa melalui perpustakaan, jurnal dan internet.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tipe – Tipe Cutting Tools

Untuk waktu yang cukup panjang, industri perkembangan mesin merupakan salah satu area yang di prioritaskan dalam pengembangan sosial. Karena industri ini menyediakan semua pembuatan peralatan yang diperlukan, alat bantu, mesin – mesin dan juga produk lainnya. Perkembangan mesin pada modern ini memproduksi dengan diadakannya persyaratan yang ketat pada pahat potong, seperti persyaratan akurasi dan konsistensi pada dimensi – dimensi pada benda kerja, dan ketahanan yang tinggi pada alat pengerjaan logam. Peralatan pemotong logam digunakan dalam beraneka ragam industri dan juga dapat menggunakan bermacam macam jenis pahat potong. Dengan banyaknya jumlah tipe – tipe pahat potong, memungkinkan untuk memilih pahat potong yang terbaik untuk melakukan operasi yang bersangkutan. Kriteria utama untuk mengklasifikasi pahat potong adalah :

- Desain pahat potong
- Tipe permukaan (perlakuan pada permukaan)
- Metode pemasangan pada mesin
- Metode pengaplikasian
- Dasar penggantian pada material yang dipakai

Untuk mengurangi dan memastikan keseragaman dan kualitas, semua elemen – elemen produksi terstandarisasi dalam sebuah industri, dan tidak terkecuali dengan mata potong. Persyaratan – persyaratan yang telah di standarisasi berbentuk kualitas dan sifat kompetitif pada produk – produk hasil permesinan. (A.M. Tveryakov, 2017)

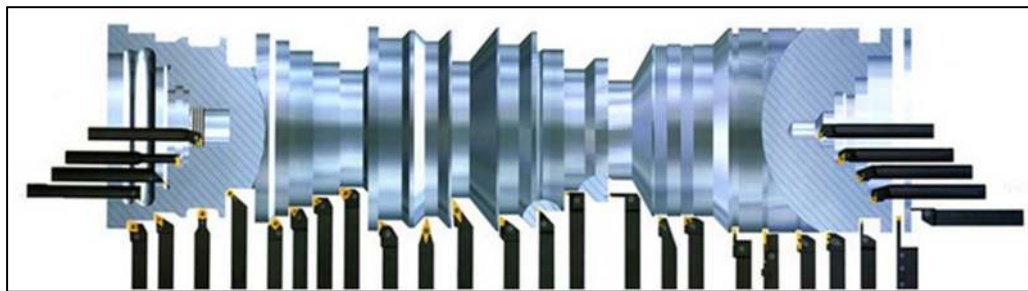
Standarisasi yang telah ditetapkan memungkinkan pemrosesan berbagai macam pahat potong dalam jumlah besar, sejak desain parameter dan dimensi – dimensi pada pahat potong telah distandarisasi dan sebagian besarnya telah diterima. Pada sekarang ini, ISO 13399 telah tersebar luas. Standar ini

meregulasi informasi tentang pahat potong dan juga menyediakan informasi dalam sebuah format. (J.Clean, 2020)

Menurut (Yujiang, et.al., 2013) berdasarkan pada ISO 13399, Pembagian jenis – jenis pahat potong tergantung pada jenis pembagiannya. Jika dilihat dari penggunaannya pada mesin perkakas, maka pahat potong dapat dibagi menjadi :

### **2.2.1 Turning Tools**

*Turning tools* merupakan pahat potong yang digunakan pada mesin *lathe* (bubut) baik secara manual ataupun juga digunakan pada mesin *CNC lathe*. Perkembangan pahat potong dimulai dengan penggunaan full HSS, yang kemudian dikembangkan menjadi *carbide tip* yang biasanya disambungkan pada tool holder dengan proses *brazing*, dan kemudian pengembangannya menjadi bentuk *insert* yang di *clamping* pada *tool holder*. *Turning tools* terbagi menjadi *Eksternal tools*, *internal tools* dan *face tools*. (Bazrov, et.al, 2013)



Gambar 2.1 Skema aplikasi *Turning Tools*

### **2.2.2 Rotating Tools**

*Rotating tools* merupakan pahat potong yang digunakan pada mesin *drill* dan juga milling baik secara manual ataupun CNC milling. Perkembangan pahat potong jenis ini memiliki kesamaan dengan perkembangan *turning tools*. Pembagian *rotating tools* dikelompokkan berdasarkan pengaplikasiannya pada proses permesinan. *Rotating tools* dibagi menjadi *Drill*, *Milling tools* dan *Reamer*. (Bazrov, et.al, 2013).





Gambar 2.2 macam – macam *rotating tools*

## 2.2 Mesin Perkakas

Terdapat beragam mesin perkakas dalam proses manufaktur, dalam hal ini mesin perkakas dikelompokkan berdasarkan pada penggunaannya, yaitu pembuatan lubang (Jaspreet & Girsang, 2015). Berikut jenis – jenis mesin perkakas berdasarkan pembuatan lubang :

### 2.2.1 *Drill Press* (Bor Tekan Tangan)

Pada proses pembuatan lubang dengan menggunakan bor tekan ini hanya terbatas pada proses drilling dengan beban yang ringan. Pengoperasian mesin ini dilakukan dengan manual, proses pemakanan drilling dilakukan dengan penekanan oleh operator, sehingga terbatas pada proses pembuatan lubang dengan beban yang ringan. Sehingga akurasi dan kehalusan dari lubang yang dibuat kurang presisi, juga ketika pembuatan lubang banyak terdapat kesulitan dalam penentuan pitch position dari tiap – tiap lubang yang akan dibentuk. (Jaspreet & Girsang, 2015)



Gambar 2.3 bor tekan tangan

### 2.2.2 Bor Tekan Lurus

Pada proses pembuatan lubang dengan menggunakan bor tekan ini dapat dilakukan dengan beban yang sedang. Pengoperasian mesin juga dilakukan secara manual, namun pemakanan drilling dilakukan dengan menggunakan sistem

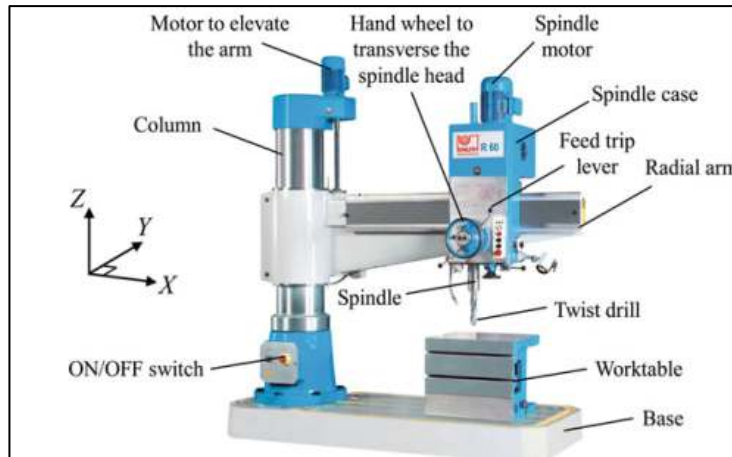
penggerak roda gigi secara mekanik, sehingga proses pembuatan lubang dengan beban yang menengah dapat dilakukan. Akurasi dan kehalusan dari lubang yang dibuat cukup baik tergantung dari jenis pahat potong yang digunakan. Namun, memiliki kekurangan yang sama dengan drill press yaitu kesulitan dalam penentuan *pitch position* dari tiap – tiap lubang yang akan dibentuk. (Jaspreet & Girsang, 2015)



Gambar 2.4 mesin bor tekan lurus

### 2.2.3 Radial Drill

Pada proses pembuatan lubang dengan menggunakan radial drill ini dapat dilakukan dengan beban yang berat. Pengoperasian mesin ini manual, namun pemakanan drilling dilakukan dengan menggunakan sistem penggerak roda gigi secara mekanik, sehingga proses pembuatan lubang dengan beban yang berat dapat dilakukan. Akurasi dan kehalusan dari lubang yang dibuat cukup baik. Penggunaan mesin ini sangat cocok untuk benda kerja dengan ukuran yang besar, perpindahan posisi spindle untuk proses pembuatan lubang cukup mudah dengan adanya lengan yang merupakan guide bagi pergerakan spindle. Kekurangannya terdapat pada penentuan *pitch position* dari tiap – tiap lubang yang akan dibentuk. (Chaturvedi, 2015)



Gambar 2.5 Mesin *radial drill*

### 2.2.4 *Vertical Milling Machine*

Proses pembuatan lubang dengan menggunakan mesin milling ini cukup baik. Posisi spindle vertikal serta table mesin yang dapat bergerak memanjang dan melintang memungkinkan untuk pembuatan lubang lebih banyak, dengan tingkat akurasi dari pitch lubang yang dapat dijaga dengan penggunaan linear scale atau digital readout unit, namun lead time yang cukup besar untuk proses pergantian pahat potong dikarenakan penggantian dilakukan secara manual. Penggunaan mesin ini sangat cocok untuk benda kerja dengan ukuran yang bervariasi. (Jaspreet & Girsang, 2015)

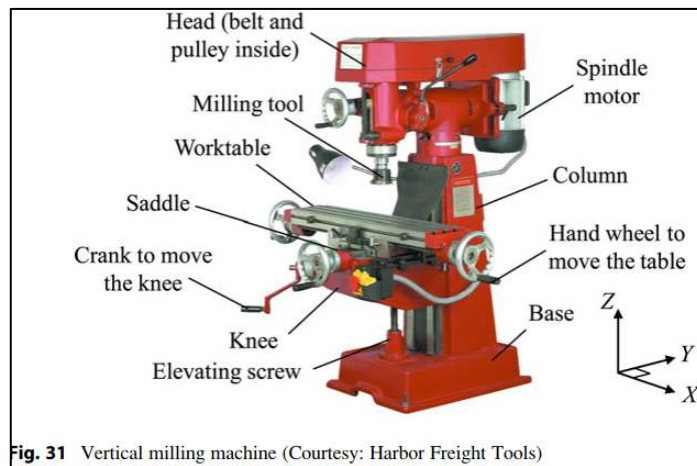


Fig. 31 Vertical milling machine (Courtesy: Harbor Freight Tools)

Gambar 2.6 *Vertical milling machine*

### 2.2.5 *CNC Milling Machine*

Penggunaan mesin ini dalam hal pembuatan lubang lebih baik dibanding mesin – mesin sebelumnya. Posisi spindle vertikal memungkinkan pahat potong dapat bergerak naik dan turun sesuai dengan kebutuhan baik sebagai proses

pemakanan ataupun proses pembuangan chip\skrap selama proses pembuatan lubang. Kecepatan pemakanan juga dapat diatur sesuai dengan cutting condition yang ditentukan, pada pembuatan lubang banyak tidaklah menjadi masalah karena perpindahan dari benda kerja yang ditempatkan pada meja kerja mesin dilakukan secara otomatis dengan menggunakan langkah yang diinput pada interface mesin. Proses penggantian pahat potong pun sangat cepat, karena pada mesin jenis ini terdapat sistem Automatic Tool Changer yang dapat di program pada interface mesin. (Jaspreet & Girsang, 2015).



Gambar 2.7 CNC milling machine

### 2.3 Machining Parameter

Dalam menggunakan mesin perkakas harus dimiliki pengetahuan yang baik mengenai hal ini. Karena hal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas serta kuantitas dari benda kerja yang akan diproses. Machining parameter merupakan penentuan kondisi permesinan berupa cutting speed, putaran spindle, *feed speed*, serta metal removal rate. Cutting speed merupakan machining parameter yang sangat penting dalam proses permesinan. Menurut (Shather, 2020) penentuan cutting speed dan perhitungan rpm memberikan pengaruh yang besar pada pahat potong berupa umur pakai (*tool life*) serta juga pada benda kerja berupa tingkat akurasi dan kehalusan permukaan. Penentuan kecepatan potong maksimal yang digunakan dilihat dari hal-hal sebagai berikut :

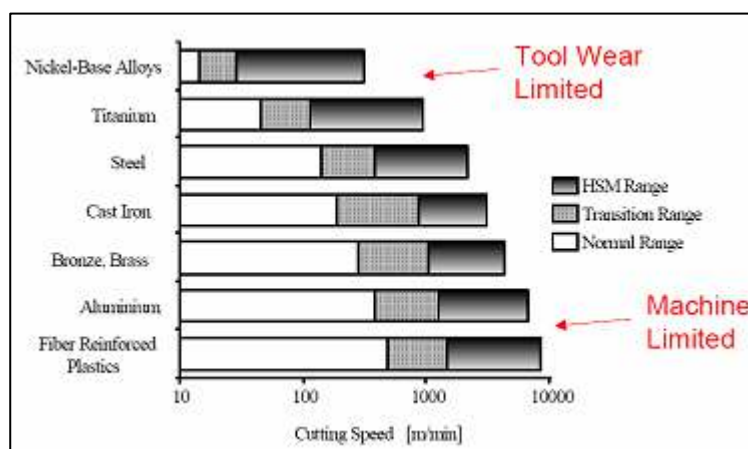
- Material benda kerja yang diproses
- Material pahat potong

- Nilai ekonomis umur pakai pahat potong

Kecepatan potong juga dikalkulasikan dengan asumsi cutting condition yang optimum tergantung pada hal-hal sebagai berikut :

- *Metal removal rate*
- Tingkat kontinuitas dari cutting fluid yang dapat memberikan pengaruh pendinginan pada pahat potong dan membantu efakuasi chip/scrap
- Kekuatan mesin (*rigidity*) serta tooling setup yang baik akan memberikan kestabilan pada proses permesinan sehingga akan mengurangi getaran yang terjadi selama proses permesinan.
- Kontinuitas pemotongan yaitu kestabilan proses pemotongan dibutuhkan sehingga tidak terjadi pemotongan yang tidak stabil
- Kondisi material secara struktur logam ataupun pemerataan tingkat kekerasannya.

Tingkat kekerasan material yang diproses memberikan pengaruh yang signifikan pada penentuan kecepatan pemotongan yang tepat. Umumnya material yang lebih keras memerlukan kecepatan pemotongan yang lebih rendah, sebaliknya material yang lebih lunak memerlukan kecepatan pemotongan yang lebih tinggi. Faktor lain yang memberikan pengaruh yang besar terhadap penentuan kecepatan pemotongan yaitu tingkat kekerasan material pahat potong. Pahat potong yang lebih keras dapat menggunakan kecepatan pemotongan yang tinggi, sementara pahat potong yang lebih lunak menggunakan kecepatan pemotongan yang lebih rendah. (Schulz , 2003)



Gambar 2.9 Laju pemotongan dengan material *tool* yang sering digunakan

### 2.3.1 *Cutting Speed (Vc) Untuk Drill dan Reamer*

Kecepatan pemotongan dapat diartikan sebagai kecepatan dari dimensi terluar pada pahat potong yaitu diameter pahat potong, ketika terjadi proses pemotongan yang dinyatakan per satuan waktu (Barabanova, 2018). Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/minute) } \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :  $V_c$  = Kecepatan Pemotongan  
 $D$  (mm) = *Drill/reamer* diameter  
 $n$  (putaran per menit) = Putaran spindel utama

### 2.3.2 *Feed Main Spindle (Feed Rate)*

*Feed rate* dapat dinyatakan sebagai kecepatan relatif antara pahat potong dengan benda kerja. Satuan yang digunakan merupakan jarak pergerakan pahat potong terhadap benda kerja dalam sistem rotasi per satuan waktu. (Schey, 2009)

$$V_f = f \cdot n \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :  $V_f$  = Kecepatan *feeding* sumbu utama (mm/min)  
 $f$  = *feed* per putaran (mm/rev)  
 $n$  = putaran sumbu utama (rpm)

### 2.3.3 *Drilling/Reaming Time*

*Drilling/ reaming time* dapat diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses drilling/reaming, dan dinyatakan dalam satuan detik. (Schey, 2009)

$$T_c = \frac{I_d \cdot i}{n \cdot f} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :  $n$  = putar poros utama (putaran per menit)  
 $I_d$  = kedalaman lubang (mm)  
 $f$  = *feed* per putaran (mm/rev)  
 $i$  = jumlah lubang

### 2.3.4 Metal Removal Rate

Metal removal rate merupakan jumlah chip/scrap yang dihasilkan setiap menit selama proses permesinan dilakukan dan dinyatakan dalam suatu volume per menit. (Schey, 2009)

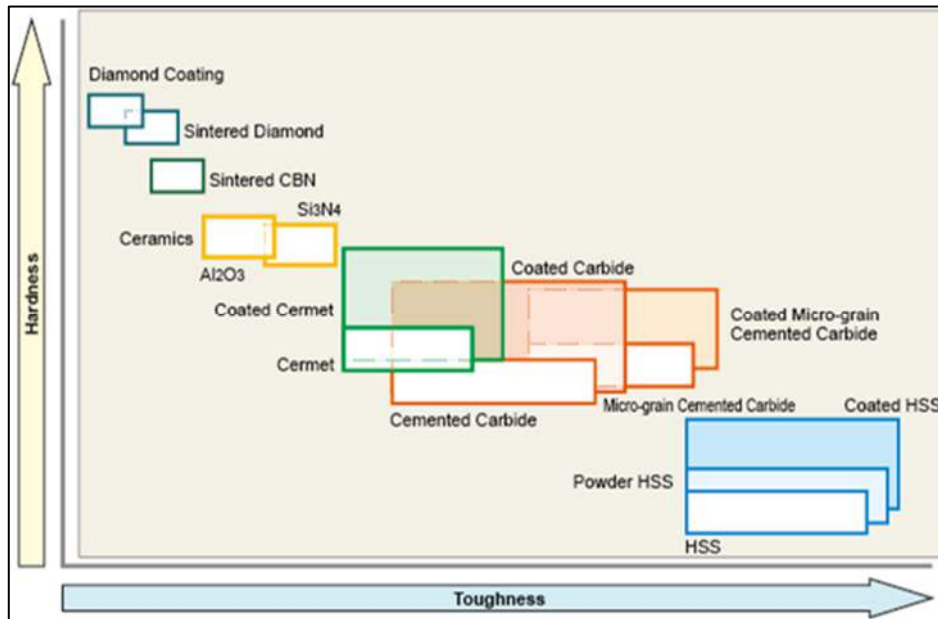
$$Q = \frac{V_f \cdot \pi \cdot D_c}{4 \cdot 1000} \dots\dots\dots(4)$$

- Dimana :
- Q = metal removal rate (cm<sup>3</sup>/min)
  - V<sub>f</sub> = feed speed (mm/min)
  - D<sub>c</sub> = Drill diameter (mm)

## 2.4 Material Cutting Tools

Modern ini perkembangan teknologi material pahat potong berkembang begitu cepat, untuk mengimbangi tuntutan pengerjaan yang efisiensi dan presisi. Dimulai dari penggunaan pahat potong berbahan baja yang kecepatan pemotongannya rendah sampai dengan penggunaan pahat potong berbahan *carbide* serta teknologi coating (pelapisan) yang mempunyai kecepatan pemotongannya tinggi. Pada dasarnya prinsip pemilihan material pahat potong sangatlah sederhana, yaitu material pahat potong harus lebih keras sehingga dapat memotong material benda kerja. Menurut (Groover, 1996) sifat – sifat alat potong yang baik diantaranya :

- Mempunyai ketahanan pada suhu yang tinggi
- Dasar dalam pemilihan pahat potong memiliki ketahanan pada suhu tinggi, karena terjadi pergesekan pahat potong dengan benda kerja dan hal tersebut akan menimbulkan panas (>600°C) dimana pada suhu itu material logam akan mencapai suhu “austenit”
- *Hardness*  
Kekerasan dapat didefinisikan sebagai ketahanan dari material terhadap penetrasi ataupun gesekan dari material yang lain
- Keuletan  
Diperlukan sifat ulet, agar pahat potong mampu menahan beban kejut yang terjadi ketika proses permesinan.
- Mempunyai *wear resistance* yang tinggi
- Ketahanan untuk menahan deformasi plastis yang diakibatkan oleh panas saat terjadinya pemotongan pada benda kerja



Grafik 2.1 Hardness Vs Toughness

## 2.5 Toleransi

Proses permesinan menghasilkan suatu benda dengan bentuk, ukuran serta tingkat kehalusan permukaan yang telah ditentukan dalam tahapan perencanaan. Suatu alat ataupun benda yang dibuat dengan perencanaan sangatlah sulit dibuat dengan ukuran yang sama dengan perencanaannya. Didasarkan hal tersebut, dibuat penentuan batas penyimpangan yang diizinkan pada setiap dimensi pada suatu benda kerja. Batasan-batasan penyimpangan itulah yang disebut toleransi. (Juhana & Suratman, 2000)

Dalam pembuatan produk yang mana ukuran yang dibentuk tidak memerlukan ketelitian atau bukan bagian yang berpasangan (suaian), maka penggunaan toleransi yang diberikan dapat berupa toleransi umum yang mana nilai toleransinya tidak dicantumkan menyertai ukuran dasar tetapi dicantumkan di tempat catatan umum. Nilai toleransi umum selalu mempunyai batas penyimpangan atas dan bawah yang sama. Besarnya nilai toleransi umum tergantung pada tingkat kualitas (halus, sedang atau kasar) dan bergantung pula pada besarnya nilai ukuran dasar.



ISO Tolerances for Holes (ISO 286-2)																				
Nominal hole sizes (mm)																				
over	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
inc.	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
micrometres																				
E6	+28 +20	+34 +25	+43 +32	+53 +40	+66 +50	+79 +60	+94 +72	+110 +85	+129 +100	+142 +110	+161 +125									
E7	+32 +20	+40 +25	+50 +32	+61 +40	+75 +50	+90 +60	+107 +72	+125 +85	+146 +100	+162 +110	+185 +125									
E11	+95 +20	+115 +25	+142 +32	+170 +40	+210 +50	+250 +60	+292 +72	+335 +85	+390 +100	+430 +110	+485 +125									
E12	+140 +20	+175 +25	+212 +32	+250 +40	+300 +50	+360 +60	+422 +72	+485 +85	+560 +100	+630 +110	+695 +125									
E13	+200 +20	+245 +25	+302 +32	+370 +40	+440 +50	+520 +60	+612 +72	+715 +85	+820 +100	+920 +110	+1 015 +125									
F6	+18 +10	+22 +13	+27 +16	+33 +20	+41 +2	+49 +30	+58 +36	+68 43	+79 +50	+88 +56	+98 +62									
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 43	+96 +50	+108 +56	+119 +62									
F8	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	+90 +36	+106 43	+122 +50	+137 +56	+151 +62									
G6	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18									
G7	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+47 +12	+54 +14	+61 +15	+69 +17	+75 +18									
G8	+22 +4	+27 +5	+33 +6	+40 +7	+48 +9	+56 +10	+66 +12	+77 +14	+87 +15	+98 +17	+107 +18									
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0									
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0									
H8	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0									
H9	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0									

Tabel 2.1 Toleransi untuk lubang berdasarkan ISO 286-2

Lalu toleransi khusus adalah toleransi yang nilainya di luar toleransi umum dan toleransi suaian. Nilai toleransinya bisa lebih kecil daripada nilai toleransi umum, tetapi biasanya lebih besar dari nilai toleransi suaian. Toleransi khusus selalu dicantumkan langsung di belakang ukuran dasar.

Elemen dan toleransi		Sifat yang diberi toleransi	Lambang
Elemen Tunggal	Toleransi bentuk	Kelurusan	—
		Kedataran	
		Kebulatan	
		Kesilindrisan	
Elemen Tunggal atau yang berhubungan		Profil garis	
		Profil permukaan	
Elemen-elemen yang berhubungan	Toleransi orientasi	Kesejajaran	
		Ketegak lurus	
		Ketirusan	
	Toleransi lokasi	Posisi	
		Konsentrisitas dan koaksialitas	
		Kesimetrisan	
	Toleransi putar	Putar tunggal	
		Putar total	

Tabel 2.2 Simbol toleransi geometri