

# PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN POTONG TERHADAP KEAUSAN SISI MATA PAHAT INSERT LAMINA TNMG160404NN

**Muslih Nasution, Ahmad Bakhori**

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik UISU  
[muslih@yahoo.com](mailto:muslih@yahoo.com); [ahmad.bakhori@ft.uisu.ac.id](mailto:ahmad.bakhori@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

*Keausan pahat merupakan hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan proses pemesinan. Keausan terjadi akibat adanya gesekan antara pahat dan benda kerja maupun antara pahat dengan geram. Pembubutan kering merupakan proses pembubutan yang masih tren sejak pertengahan 1990 untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan dari pada cairan pemotongan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong dan kecepatan pemakanan terhadap keausan sisi mata pahat karbida PVD berlapis pada proses CNC turning. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Variasi kecepatan potong yang digunakan adalah  $v=100\text{m/min}$ , dengan 3 variasi kecepatan pemakanan di setiap satu kecepatan potongnya yaitu  $f = 0,1 \text{ mm/rev}$ ,  $f = 0,15 \text{ mm/rev}$ ,  $f = 0,2 \text{ mm/rev}$ . Dan kedalaman yang digunakan  $0,5 \text{ mm}$ . dan pengukuran keausan pahat menggunakan mikroskop dino lite. Hasil analisis data pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan pemakanan, maka semakin besar pula keausan sisi mata pahat (besar), sedangkan semakin lambat kecepatan pemakanan, maka semakin kecil pula keausan sisi mata pahat.*

**Kata-Kata Kunci :** *Pembubutan Kering, Pahat, Aus Pahat, Poros Minibus*

## I. PENDAHULUAN

Berkembangnya kemajuan teknologi pada dunia industri, sehingga mempermudah manusia melakukan pekerjaannya, hasil yang diperoleh sangat baik dan efisien karena mesin-mesin tersebut telah diperbaharui menjadi lebih sempurna, sebab telah di desain mesin semi otomatis dan mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi. Perusahaan yang bergerak di bidang *engineering* menyediakan mesin-mesin untuk proses produksi yang bekerja secara CNC (*Computer Numeric Control*) karena tuntutan yang harus dipenuhi dalam bidang *engineering*.

Untuk itu diperlukan sebuah mesin yang mampu memenuhi semua tuntutan-tuntutan dalam industri manufaktur. Salah satunya adalah mesin CNC. Dalam industri manufaktur, penggunaan mesin CNC mengalami peningkatan yang cukup besar mengingat produk yang dihasilkan memiliki tingkat kualitas yang jauh lebih baik bila dibandingkan dengan mesin konvensional. Dengan menggunakan mesin CNC, tingkat kepresisian atau ketepatan ukuran yang tinggi dapat tercapai. Kelebihan lain dari mesin CNC adalah dalam memproduksi barang dengan jumlah besar. Dengan menggunakan program dan setingan yang sama, maka produk yang dihasilkan akan sama pulameskipun diulang berkali kali. Mesin bubut CNC berfungsi untuk mengubah bentuk dan ukuran benda kerjadengan cara menyayat benda kerja menggunakan alat potong (pahat) dengan suduttertentu dan kecepatan pemakanan tertentu pula. Posisi benda kerja searah dengan sumbu mesin bubut untuk melakukan penyayatan. Adapun hasil dari penyayatanakan menghasilkan beram atau chip (Hadimi, 2008). Mesin bubut CNC digunakan untuk

mengerjakan benda yang berbentuk silindris. Prinsip kerja mesin bubut CNC itu sendiri adalah terjadinya erakrelatif antara pahat dan benda kerja yang berbentuk silindris.

Proses pemotongan logam dengan menggunakan mesin bubut CNC sangat berperan penting di dunia industri, maka perlu melakukan inovasi-inovasi baru terhadap mesin CNC bubut. Pengertian pahat atau perkakas potong adalah alat atau benda yang di gunakan untuk memotong material atau benda kerja dalam proses pemesinan. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya aus pahat, di antaranya ialah pada temperatur potong, karena pada saat melakukan pemotongan hampir semua energy yang digunakan pada deformasi plastis berubah dalam bentuk panas.

Agar mendapatkan hasil yang sebaik mungkin pada saat melakukan pemotongan logam yang tepat dan efisien, maka perlu diadakan suatu pembahasan khusus. Banyak hal yang harus diketahui agar dapat menentukan kecepatan pemakanan yang baik, untuk memaksimalkan umur pahat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

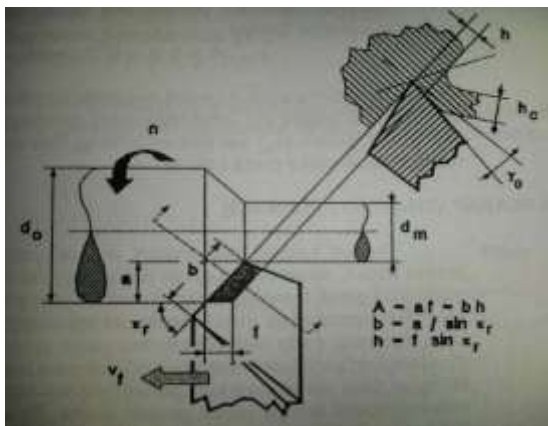
Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi menjadi dalam tiga kelompok dasar, yaitu: proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan non konvensional. Proses pemotongan logam ini biasanya disebut dengan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi bram (chips), sehingga

terbentuk menjadi benda kerja yang diinginkan operator mesin bubut. Proses permesinan adalah proses paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam. (Widarto, 2008:35).

## 2.1 Pengertian Mesin CNC

CNC singkatan dari Computer Numerically Controlled, merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N dan G (Gkode) yang mengatur kerja sistem peralatan mesinnya, yakni sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang digunakan untuk membuat komponen/benda kerja. Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka). Para meter sistem operasi/ sistem kerja CNC dapat diubah melalui program perangkat lunak (software load program) yang sesuai. (WirawanSumbodo, 2008 : 403).

Menurut Widarto (2008:35) “proses membubut adalah proses permesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses membubut merupakan proses penyayatan benda kerja yang berbentuk silindris menggunakan alat potong (pahat) dengan prinsip benda kerja yang berputar dan dicekam oleh chuck pada mesin bubut. Gambar dari proses membubut bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar1. Proses Bubut

Mesinbubut CNC adalah mesin perkakas dengan dua sumbu yang dilengkapi dengan kontrol/kendali komputer.

Mesin Bubut CNC secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

### A. Mesin bubut CNC *Training Unit 2 Axis (CNC TU-2A)*

Kedua mesin tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan kedua tipe

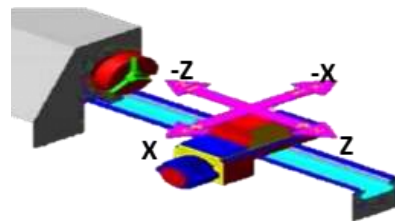
mesin tersebut adalah penggunaannya di lapangan. CNC TU dipergunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian CNC yang dilengkapi dengan EPS (*External Programming Sistem*). Mesin CNC jenis *Training Unit* hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak. Sedangkan Mesin CNC *PU* dipergunakan untuk produksi massal, sehingga mesin ini dilengkapi dengan assesoris tambahan seperti sistem pembuka otomatis yang menerapkan prinsip kerja hidrolis, pemuangan tatal dan sebagainya.

Gerakan mesin bubut CNC dikontrol oleh komputer, sehingga semua gerakan yang berjalan sesuai dengan program yang diberikan, keuntungan dari sistem ini adalah memungkinkan mesin untuk diperintah mengulang gerakan yang sama secara terus menerus dengan tingkat ketelitian yang sama pula.

Mesin Bubut CNC TU-2A mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya Mesin Bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja Mesin Bubut CNC TU-2A jugsama dengan Mesin Bubut konvensional yaitu benda kerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam. Untuk arah gerakan pada Mesin Bubut diberi lambang sebagai berikut :

- Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar

Untuk memperjelas fungsi sumbu-sumbu Mesin Bubut CNC TU-2A dapat dilihat pada Gambar 2 ilustrasi di bawah ini :



Gambar2. Mekanisme Arah Gerakan Mesin Bubut

## B. Bagian-Bagian Utama Pada Mesin CNC Turning

Untuk lebih mudah mengenal serta memahami mesin CNC, maka haruslah terlebih dahulu mengetahui bagian-bagian pada mesin tersebut, yaitu :

### a. Bagian Controller

Untuk lebih mudah mengenal serta memahami mesin CNC, maka haruslah terlebih dahulu mengetahui bagian-bagian pada mesin tersebut, yaitu :



Gambar 3. Contoh Controller Pada Mesin CNC

Bagian ini adalah sebagai pengendali pada mesin CNC, disinilah seluruh program di cek apakah benar atau tidak sesuai penyusunan kode yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah beberapa jenis controller yang banyak digunakan, yaitu: emco, siemens, fanuc, headman, GSK, dan lain-lain.

**b. BagianElectrical**

Bagian ini adalah sebagai pusat kelistirikan yang memberikan asupan daya untuk menjalankan dan menggerakkan sumbu-sumbu, spindle, motor-motor serta controller dan komponen komponen bergerak lainnya.

Pada bagian elektrik terdapat beberapa bagian yaitu:

- a. Servodriver
- b. Inverter
- c. Transformator
- d. Powersupply
- e. Kontaktor
- f. Manual Circuit Braker
- g. PLC
- h. Relay
- i. Fuse

**c. Bagian Mekanik**

Bagian ini adalah sebagai komponen yang bergerak ataupun sebagai pelindung dari mesin tersebut.



Gambar4. Bagian Mekanik

**Pengoperasian Mesin CNC**

Pengoperasian mesin CNC dilaksanakan dengan layanan CNC, dimana prosesnya dikendalikan komputer dengan memasukkan data numerik. Sistim iniberoperasi secara otomatis dan

dapat meng-interprestasi-kan kode-kode numerik yang berupa huruf, angka dan simbol untuk membuat suatu bentuk dari benda kerja dengan mesin perkakas CNC. Apabila akan mengoperasikan mesin-mesin CNC pada hakekatnya adalah belajar membuat program instruksi untuk memerintahkan mesin bekerja, untuk memasukan data program CNC ke mesin digunakan tombol-tombol yang ada pada papan kendali CNC.

**Sistim Pemrograman Mesin CNC Turning**

Untuk melaksanakan perintah jalannya alat potong guna mencapai tujuan yang diinginkan diperlukan pemrograman. Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci setiap blok untuk memberi masukan mesin bubut CNC tentang apa yang harus dikerjakan (Lilih, 2001:17).

1. **Parameter Proses CNC Turning**

Parameter pemotongan mesin CNC turning hampir sama seperti mesin CNC bubut konvensional. Paramater tersebut mempengaruhi hasil pemotongan pada benda kerja. Vadgeri, etal (2017) menyebutkan para meter penting yang mempengaruhi hasil potong antara lain kedalaman pemotongan (*deptofcut*), kecepatan pemakanan (*feeding*) dan kecepatan pemotongan (*cuttingspeed*) Kecepatan Spindle (*Speed*) dan geometri pahat (*tool geometry*) yang meliputi *rakeangle*, *approach angle*, *entering angle*, *type ofinsert* and *nose radius of insert*.

Menurut Prasetyo (2018: 3) bahwa pada proses pembubutan terdapat beberapa parameter seperti kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, geometri pahat dan rasio L/D. Semua para meter tersebut berpengaruh pada hasil akhir produk seperti kekasaran permukaan.



Gambar5. Pahat Insert LAMINA TNMG160404NN

a. **Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)**

Kecepatan potong (*Vc*) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman

menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potong ( $V_c$ ) adalah keliling kaliputaran atau  $\pi \times d \times n$ ; di mana  $d$  adalah diameter benda kerja dalam satuan milimeter dan  $n$  adalah kecepatan putaran benda kerja dalam satuan putaran/menit (rpm). (Sumbodo, 2008: 260). Besar kecepatan potong berbanding lurus dengan kecepatan putar spindle, semakin besar kecepatan potong semakin besar pula kecepatan putar spindle. Dari berbagai parameter potong, parameter inilah yang paling berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan (Kumar, 2016: 109).

Menurut Samsir (1989) nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku. Pada pahat karbida kecepatan potong ditentukan pada tabel, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja.

**Kecepatan Putaran Spindle**

Proses pemesinan ada beberapa faktor yang mempengaruhi tentang kekasaran suatu benda kerja, salah satunya adalah kecepatan putaran spindle. Menurut Widarto (2008:145) “kecepatan putaran (speed), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindle) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotation per minute, rpm*)”. Jadi kecepatan putaran mesin bubut dapat disimpulkan sebagai kemampuan kecepatan putar spindle suatu mesin bubut untuk melakukan penyayatan menggunakan alat potong terhadap permukaan benda kerja dalam satuan putaran/menit.

$$C_s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{C_s \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$C_s$  = Kecepatan potong (m/menit atau feet/menit)  
 $d$  = Diameter pisau/benda kerja (m)  
 $n$  = Kecepatan putaran pisau/benda kerja (rpm)  
 $\pi$  = 3,14 atau 22/7

**Kedalaman Pemakanan (*Depth of cut*)**

Kedalaman potong,  $a$  (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. Ketika pahat memotong sedalam, maka diameter benda kerja akan berkurang  $2a$ , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar. (Ruli Adrianto, 2010:9)

Kedalaman pemakanan dapat diartikan dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan ataupun tebalnya tatal bekas bubutan. Kedalaman permukaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{d_0 + d_m}{2}$$

Di mana:

$a$ : Kedalaman pemakanan (mm)

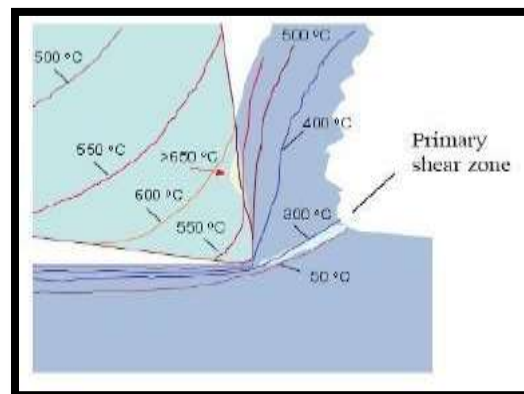
$d_0$  : Diameter awal (mm)

$d_m$ : Diameter akhir (mm)

**Keausan Pahat**

Gesekan yang dialami pahat dengan permukaan benda kerja yang terpotong mengakibatkan pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini semakin membesar sampai batas tertentu pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau mengalami kerusakan karena temperatur yang tinggi, maka permukaan aktif dari pahat akan mengalami keausan. Keausan tergantung juga pada jenis material pahat, benda kerja yang dipilih, geometri pahat dan fluida yang digunakan sebagai pendingin (Kalpakjian, 1995).

Kondisi distribusi suhu pada saat pemotongan bahan baja lunak dengan menggunakan pahat HSS dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Kondisi Distribusi Suhu**  
 (Sumber: Widarto, 2008: 213)

Tahapan keausan pahat dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

Keausan bagian muka pahat yang ditandai dengan pembentukan kawah/lekukan (crater) sebagai hasil dari gesekan serpihan (chip) sepanjang muka pahat.

Keausan pada bagian sisi pahat (flank) yang terbentuk akibat gesekan dengan benda kerja pada feeding tertentu.

Tipe keausan pahat dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, diantaranya:

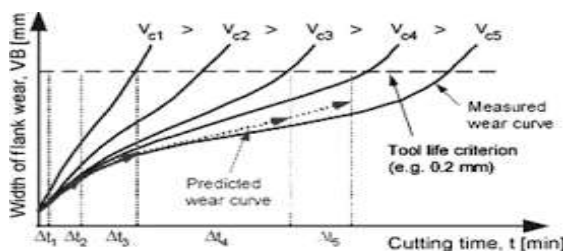
**a. Aus Tepi (*Flank Wear*)**

Aus tepi yaitu keausan pada bidang mayor atau utama. Keausan tepi dapat diukur dengan menggunakan mikroskop dengan mengatur bidang mata potong, sehingga tegak lurus dengan bidang optik. Dalam hal ini besarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan bidang utama.

**b. Aus Kawah (CraterWear)**

Keausan pada bidang geram disebut keausan kawah (*crater wear*). Keausan kawah hanya dapat diukur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan. Dalam hal ini sensor alat ukur digeserkan pada bidang geram.

Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Pertumbuhan Keausan Tepi Untuk Gerak Makan Tertentu Dan Kecepatan Potong Yang Berbeda**  
(Sumber: Yohanes, 2010:146)

**III. METODE PENELITIAN**

**3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

**1. Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium CNC SMK Negeri 2 Medan

**2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan dalam waktu ±3 bulan, mulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2021.

**3.2 Material Penelitian**

Material penelitian merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian atau objek yang diteliti untuk diambil datanya. Material yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

**a. Poros Engkol Minibus**

Penelitian ini menggunakan material Poros Engkol Minibus (ukuran 2”x200) dengan nilai kekerasan 40 HRC. Poros Engkol Minibus ini termasuk golongan bajak arbon menengah yang mana kadar karbon nya ± 0,4% Tabel 1 berikut adalah hasil pengujian komposisi penyusun Poros Engkol Minibus

**Tabel 1. Hasil Uji iKomposisi Poros Engkol Minibus**

Unsur	Prosentase(%)
C	0,406
Si	0,260
S	0,114
P	0,211
Mn	0,862
Ni	0,510
Cr	0,950

Mo	0,162
V	0,105
Cu	0,134
Sn	0,083
Al	0,239
Ti	0,023
Zr	-0,009
ZN	0,007
Ca	0,007
Co	0,067
Pb	0,030
B	0,003
Fe	97,087

**b. Pahat sisipan/Insert**

Penelitian ini menggunakan pahat insert LAMINA TNMG160404NN produksi Swiss, dapat dilihat pada Gambar 8.

Dan kode TNMG160404 NN

- a. T :Bentuk pahat sisipan Segitiga
- b. N :Sudut bebas pahat (0°)
- c. M :Toleransi dimensi pahat
- d. G :Insert Features
- e. 16 :Panjang sisi pahat (16 mm);(d)
- f. 04 :Tebal pahat (4.76 mm);(t)
- g. 04 :Radius pojok pahat (0.4 mm);(r)



**Gambar 8. Pahat Insert**

**3.3 Peralatan Penelitian**

**1. Mesin Gergaji Potong**

Mesin gergaji merupakan mesin yang digunakan untuk memotong panjang suatu benda. Spesimen benda kerja yang akan dikerjakan dalam pemesinan dipotong dengan menggunakan mesin gergaji tersebut sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Gambar 9 merupakan mesin gergaji potong yang digunakan untuk pemotongan benda kerja.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kecepatan gerak pemakanan, kedalaman pemakanan serta kecepatan potong adalah faktor yang sangat mempengaruhi akan laju aus pahat dalam proses permesinan. Dalam penelitian ini mesin CNC Lathe yang digunakan untuk pengujian dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Merek : FOCUS
2. Model : NX-L300
3. Serial : FE-NC-LTH-149
4. Weight : 1200 kg
5. Power : 9,5KVA
6. Voltage3 : 380V
7. Frequency : 50Hz
8. Putaranmaks : 2500rpm

**Data Run1**

**Tabel 12. Kondisi pemotongan Vc 100**

Vc(m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	VB (mm)	tc(min)
100	0,1	0,5	0,084	2,32
100	0,15	0,5	0,4	1,41
100	0,2	0,5	0,58	1,15

Dari kondisi pemotongan Vc:100 m/min; dengan variasi feeding f: 0,10 mm/rev, 0,15 mm/rev dan 0,20 mm/rev ; a : 0,5 mm,. Pahat melakukan 3 kali pemotongan dengan waktu selama 5 menit 28 detik.

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Pengaruh Kecepatan Pemakanan Potong Terhadap Keausan Sisi Mata Pahat. Menggunakan Pembubutan Kering Pada Material Poros Engkol Minibus, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan pemakanan pada penelitian ini sangat berpengaruh terhadap keausan mata pahat dengan material Poros Engkol Minibus. Berdasarkan data keausan pahat dengan variasi kecepatan pemakanan yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan pemakanan yang digunakan, maka menghasilkan nilai keausan yang tinggi. Semakin kecil kecepatan pemakanan yang digunakan, maka nilai keausan mata pahat yang dihasilkan semakin kecil. Dibuktikan dengan hasil nilai keausan pahat yang paling rendah yaitu VB 0,084 mm dengan kecepatan pemakanan 0,1 mm/rev dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm, dan batasan maksimum kecepatan pemakanan untuk pahat PVD Submicron adalah 0,2 mm/rev.



**Gambar 9. Mesin Gergaji Potong**

**2. Mesin CNC Turning**

Mesin CNC turning adalah mesin turning yang diprogram secara numerik dengan komputer. Mesin CNC turning yang digunakan adalah tipeNX-L300 dengan controller Gsk928TEA”. Gambar 10 merupakan jenis mesin CNC turning tipeNX-L300



**Gambar10.MesinCNCTurningNX-L300**

**3. Mikroskopdino-lite**

Mikroskop digunakan untuk melihat keausan pada pahat yang diuji, seperti pada Gambar 11



**Gambar 11. Mikroskopdino lite**

2. Kecepatan Pemotongan pada penelitian ini sangat berpengaruh terhadap keausan mata pahat PVD berlapis dengan material Poros Engkol Minibus. Berdasarkan data keausan pahat dengan variasi kecepatan pemotongan yang digunakan, dapat disimpulkan kecepatan pemotongan minimum untuk pahat PVD berlapis pada material Poros Engkol minibus adalah 100 m/min dan kecepatan maksimum yaitu 150 m/min.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dika Kurnia Al-Fiansyah, 2017, *Pengaruh Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja St 60 Menggunakan Pahat Insert* : Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
- [2]. FadlanYusronulhaq, 2017, *Studi Aus Pahat Karbida Cvd Berlapis (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ticn) Pada Pemesinan Keras Baja Aisi4340*: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara.
- [3]. Hadi Soewito, 1992, *Pengetahuan Dasar Mesin CNC*. Bandung: Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung
- [4]. Herdianto, 2017, *Kinerja Pahat Karbida Berlapis PVD Ketika Memproduksi Shaft Thres sermenggunakan Teknologi Pemesinan Keras*: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara.
- [5]. Lilih,dkk., 2001, *Mesin Turning CNC TU3A*. Surabaya: BLPT
- [6]. Muin, Syamsir, A., 1989, *Dasar-Dasar Perancangan Perkakas Dan Mesin-Mesin Perkakas*. Jakarta: Rajawali.
- [7]. Rochim, Taufiq, 1993, *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Institut Teknologi Bandung.
- [8]. Widarto, 2008, *Teknik Pemesinan*, Jakarta: Depdiknas
- [9]. Sumbodo, Wirawan, 2008, *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan.