

Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Ketelitian Dimensi Pada Proses *Boring* Menggunakan Mesin *CNC Milling*

Maruhum Tua Lubis¹, Riky²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Jl Abulyatma no. 05, Batam Centre, Batam 29464

Abstrak

Proses *Boring* adalah proses pembesaran lubang yang telah ada menggunakan alat khusus berupa *tool*. Pengeboran di mesin gurdi diameter lubang yang dapat dihasilkan sangat terbatas. Pada mesin Gurdi standar, maksimal diameter lubang adalah 60 mm. Harus dilakukan pengujian geometrik pada pengujian untuk mengukur ketelitian dimensi pada hasil *boring* dimana didalam penelitian menggunakan tool 20 mm dengan diameter *boring* 100 mm. Dari pengujian ketelitian dimensi yang didapat untuk hasil dimensi yang baik harus mengetahui parameter-parameter yang digunakan pada proses permesinannya.

Kata Kunci : *Boring, Mesin Gurdi, Dimensi, Parameter.*

Abstract

Boring process is a process of enlarging existing holes using a special tool in the form of drilling tool in the gurdy machine. Diameter of the hole that can be produced is very limited. In a standard Gurdy engine, the maximum hole diameter is 60 mm. Geometric testing should be performed on the test to measure the dimensional accuracy of boring results wherein the study used a 20 mm tool with \varnothing boring 100 mm. From the dimensional accuracy test obtained for good dimension results must know the parameters used in the machining process.

Keywords: *Boring, Gurdy Machine, Dimension, Parameters*

1. Pendahuluan

Dalam suatu proses produksi, banyak hal yang harus diperhatikan diantaranya adalah upaya untuk meningkatkan kapasitas produksi baik dari sisi tenaga kerja maupun dari faktor mesin dan peralatan, serta kesiapan seluruh fasilitas produksi. Hal ini mulai dari perencanaan produksi, penjadwalan produksi, perencanaan kapasitas, sampai pengaturan tenaga kerja. Untuk mendukung adanya proses produksi, diperlukan kelaikan mesin mesin produksi serta peralatan pendukung lainnya, dengan demikian yang harus diperhatikan adalah perawatan untuk mesin dan peralatan yang digunakan tersebut.

Dalam dunia industry manufaktur modern sekarang ini, terutama dalam industri pengolahan logam tidak pernah terlepas dari penggunaan mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin bor, mesin frais, mesin bending (Mesin Pon), mesin potong, mesin CNC (Computer Numerically Controlled) dan lain sebagainya.

Mesin-mesin tersebut telah mengalami perkembangan yang sangat pesat, berbagai pihak yang memerlukan dan menggunakannya berusaha untuk mempelajarinya sedemikian rupa dengan tujuan agar dapat memanfaatkannya dengan baik dan benar sehingga ketika diperlukan dan akan digunakan, mesin selalu berada dalam keadaan siap pakai.

Kelancaran kegiatan produksi sangat bergantung pada keandalan suatu mesin dan peralatan, serta tidak dapat dipungkiri bahwa keandalan suatu mesin tidak bisa mencapai 100 % atau tidak pernah mengalami kerusakan sama sekali selama pemakaian, semakin lama umur mesin maka akan berkurang keandalannya. Selain itu juga di zaman sekarang ini telah banyak mesin yang dioperasikan secara otomatis sehingga kerusakan pada salah satu mesin saja

dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi secara keseluruhan.

Dengan demikian pelaksanaan kegiatan perawatan merupakan hal yang mutlak dilakukan jika perusahaan ingin mencapai keuntungan sebagaimana yang telah ditargetkan. Karenanya kegiatan perawatan selalu menjadi bagian yang penting dalam kegiatan produksi yaitu dengan mengupayakan mesin-mesin dan peralatan dapat bekerja secara kontinyu, karena dengan demikian diharapkan proses produksi akan berjalan dengan lancar dan akan menghemat ongkos produksi yang dikeluarkan.

Kondisi mesin merupakan hal penting yang harus diperhatikan terutama jika mesin-mesin atau peralatan tersebut sudah berusia lama, sehingga mesin-mesin tersebut sangat rentan terhadap kerusakan. Oleh karena itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perawatan secara rutin, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan dapat dikurangi seminimal mungkin.

Walaupun biaya yang dikeluarkan untuk melakukan tindakan perawatan mungkin cukup besar, namun ongkos tersebut relatif kecil jika dibandingkan dengan kerugian perusahaan akibat terhentinya mesin, karena perbaikan dan penggantian komponen mesin akibat kerusakan dapat memakan biaya yang jauh lebih besar dengan resiko kerusakan mesin yang besar pula, apalagi jika kerusakannya sampai harus melakukan penggantian mesin secara total.

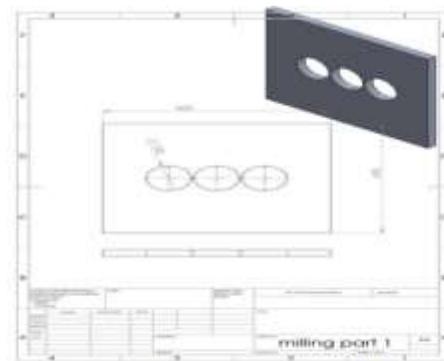
Hal yang kelihatannya kecil sering tidak dianggap sebagai suatu hal yang serius, padahal sebenarnya memberikan dampak yang cukup besar terhadap perusahaan, seperti proses penggantian pahat yang sering dilakukan pada mesin milling CNC (Computer Numerically Controlled). Jika dilihat sekilas memang perawatan seolah merupakan hal yang kecil, tapi jika dikaji lebih jauh lagi terutama dihubungkan dengan waktu produksi dan biaya yang dikeluarkannya akan memberikan efek yang cukup signifikan terutama dengan frekuensi yang tinggi atau seringnya dilakukan perawatan terhadap mesin yang bersangkutan.

Kerusakan fatal pada salah satu mesin pernah dialami oleh PT. Chuck Engineering terjadi kegagalan pada sistem operasi dari mesin CNC yang diakibatkan gerak potong sehingga mendapatkan dimensi yang tidak akurat,

sehingga perusahaan mengalami kerugian. Akhir-akhir ini masalah gerak potong mesin mulai mendapat perhatian yang cukup serius, karena dampaknya dirasakan begitu besar terhadap kelangsungan produksi.

2. Metodologi Penelitian

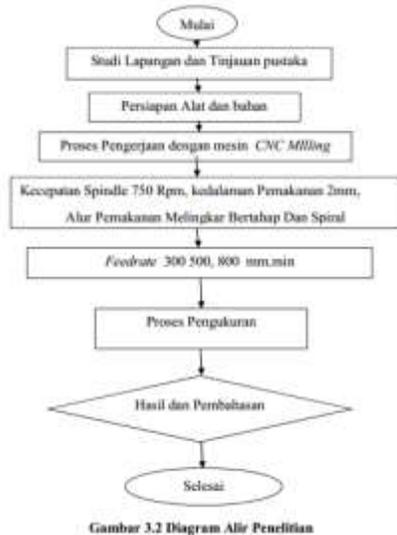
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu melakukan penelitian dan pengamatan langsung dilapangan secara sistematis dengan membangun hubungan sebab akibat guna mendapatkan data-data yang diinginkan untuk selanjutnya. Tahapan dari penelitian menunjukkan langkah-langkah eksperimen, subjek penelitian ini berupa gambar benda kerja dengan dimensi seperti gambar, Pengerjaan desain menggunakan *software solid work 2010* untuk proses *CAD*-nya. Selanjutnya desain gambar dalam bentuk file ditransfer ke *software MasterCam X* untuk dilakukan proses *CAM*. Dari *software MasterCam X* akan keluar *NC Code* yang selanjutnya dapat dipindahkan ke mesin *CNC Milling ENSHU JE80* untuk dilakukan percobaan langsung, Raw material yang pada mesin *CNC* yaitu *Mild Steel* dengan pahat berbahan *HSS Endmill Ø20*



Gambar 3.1 Desain Benda kerja

Diagram Alir Penelitian

Uraian langkah-langkah penelitian dapat dijabarkan kedalam diagram alir penelitian seperti pada:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan

Mesin CNC Milling

Merk : ENSHU JE-60 4-Axis CNC Horizontal
Machining Center

Model: JE-60 4-Axis/Age: 1999/Ref#: 22461

Specifications:

Serial No.: HOLDCR 122

CAPACITIES PER CATALOGUE SPECIFICATIONS:

X-Axis Travel 599 mm

Y-Axis Travel 599 mm

Z-Axis Travel 599 mm

Distance, Floor to Top of Table 1100 mm

Distance, Table Top to Spindle C L 51 mm-650

Distance, Table Center to Spindle 150 mm-780
mm

Number Of Pallets 2

PALLETS:

Pallet Size 399 mm x 399 mm

Pallet Load Capacity 399 KG

Pallet Shuttle Clearance, W x H 671 mm x 749
mm

Pallet Rotation 1 Degree

Pallet Indexing Speed @ 90 Deg 1.5 Seconds

Pallet Change Time 6.0 Seconds

SPINDLE:

Spindle Taper CAT40

Spindle Bearing Diameter 85 mm

Spindle Speeds 100-8000 RPM

Spindle Ramp Up Time 1.5 Seconds

Spindle Motor 11 KW / 7 KW

TOOL CHANGER:

Tool Changer Storage 40 ATC

Tool Selection Type Bi-Directional Memory

Max Tool Dia Adj Pocket Empty 79 mm / 145
mm

Max Tool Length 201 mm

Max Tool Weight 3 KG

Tool Change Time (Tool to Tool) 1.0 Sec

Tool Change Time (Chip to Chip) 3.0 Sec

Tool Selection Method Fixed Address

Tool Exchange Time, Tool To Tool 1 Second

FEED RATES:

Rapid Traverse, XYZ 29997 mm/min

Cutting Feed Rate 0.04-16002 mm/min

Jog Feed Rate (16 Steps) 0-4001 mm/min

Rigid Tapping 4000 RPM

GENERAL:

Feed Motors, XYZ 6 KW

Cutting Fluid 79 Gallons

Hydraulic Fluid 2.7 Gallons

Lubrication Fluid 1.5 Gallons

Electric Power Supply 220/3/60

Machine Dimensions, W x L x H 2540 mm x
3632 mm x 2769 mm

Machine Weight 8987 KG

Distance, Table Top to Floor 1100 mm

Machine Dimensions 2311 mm x 5512 mm x
2819 mm

Machine Weight 9005 KG

Equipped With:

ENAC (YASNAC) i80M CNC Control

Dual 400 mm x 400 mm Pallets

40-Position Servo-Driven Random Selection
ATC

Rotary Pallet Changer

Through Spindle Coolant

Rigid Tapping, Max RPM 4000 RPM

Oil-Air Mist Lubrication

Oil Chiller Air Cooling

Oversized 45 mm Double Pretensioned
Ballscrews

Absolute Position Encoders on All Axes

Chip Conveyo



Gambar 3.3 Mesin CNC milling



Gambar 3.4 Endmill HSS Ø20 mm



Gambar 3.5 Proses Boring

Bahan yang digunakan
 Adapun data dari benda kerja yang digunakan dalam pengujian adalah :

Material : *Mild Steel*

- Ukuran Dimensi : 500 mm x 450 mm
- Ketebalan : 25 mm

Parameter Kecepatan Potong Parameter pada proses *Milling* adalah, informasi berupa dasar-dasar perhitungan, rumus dan tabel-tabel yang mendasari teknologi proses pemotongan/penyayatan pada mesin *milling* diantaranya. Parameter pemotongan pada proses *Milling* meliputi;

- Kecepatan potong (*Cutting speed - Cs*),
- Kecepatan putaran mesin (*Revolution Permenit - Rpm*),
- Kecepatan pemakanan (*Feed - F*)

- Waktu proses pemesinannya
- A. Kecepatan potong (*Cutting speed – Cs*)
- Kecepatan potong (*Cs*) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau *feet/ menit*)

Tabel Kecepatan Potong Bahan

Tabel 3.1 Kecepatan Potong Bahan

Bahan	Pahat Milling		Pahat Milling Karbida	
	m/men	F/min	M/men	F/min
Baja Lunak (<i>Mild Steel</i>)	18-21	60-70	30-150	100-800
Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	14-17	45-55	45-150	150-500
Perunggu	22-24	70-80	90-300	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuninga	30-120	100-400	120-300	400-1000
Aluminium	90-150	300-500	90-180	0-600

Dalam membuat program mesin *CNC* maka ada parameter penting untuk menentukan *Feedrate* (pemakanan) dan kecepatan putaran *spindle*. Dimana untuk menghitungnya menggunakan cara sebagai berikut : Kecepatan potong adalah suatu harga yang diperlukan dalam menentukan kecepatan pada saat proses penyayatan atau pemotongan benda kerja. Rumus umumnya yaitu :

$$V_c = \frac{\pi d x n}{1000 \text{ menit}} \dots \dots \dots (3 - 1)$$

Dimana:

- V_c = Kecepatan potong (m/menit)
- d = Diameter benda kerja untuk mesin bubut (mm) atau,
- d = Diameter tools mata pemotong untuk mesin milling (mm)
- n = Jumlah putaran tiap menit (rpm)
- π = 3.4

B. Kecepatan potong dipengaruhi oleh beberapa poin berikut :

1. Jenis material benda kerja, dimana semakin tinggi kekuatan bahan semakin kecil kecepatan potongnya
2. Jenis alat potong, semakin kuat semakin cepat
3. Besarnya jarak asutan/kecepatan penyayatan
4. Kedalaman pemotongan

Jumlah Putaran

Jumlah putaran sumbu utama dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{Vc \times 1.000}{\pi \times d} \text{ put/menit} \dots \dots \dots (3-2)$$

Dimana :

- n = Jumlah putaran tiap menit (rpm)
- Vc = Kecepatan potong (m/menit)
- d = Diameter benda kerja untuk mesin bubut (mm) atau,
- d = Diameter tools mata pemotong untuk mesin miling (mm)
- n = Jumlah putaran tiap menit (rpm)
- $\Pi = 3.$

Kecepatan Asutan

Asutan adalah pemotongan benda. Asutan sendiri dibedakan menjadi dua.

- Asutan dalam mm/putaran (f)
- Asutan dalam mm/menit (F)

Rumus dasar perhitungan asutan:

$$F \text{ (mm/Menit)} = n \times f \text{ (mm/put)} \times N$$

E. Kecepatan potong/cutting speed

Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1. material benda kerja yang akan dipotong
2. material pisau frais
3. diameter pisau
4. kehalusan permukaan yang diharapkan
5. dalam pemotongan yang ditentukan
6. Rigiditas penyiapan benda kerja dan mesin

Untuk benda kerja yang berbeda kekerasannya, strukturnya dan kemampuan pemesinaanya diperlukan penentuan cutting speed yang berbeda. Nilai kecepatan potong dipengaruhi oleh diameter cutter dan kecepatan putaranspindle. Cutting speed dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan :

$$Vc = \text{m/menit} \dots \dots \dots (1)$$

- Dengan: $Vc = \text{cutting speed, (m/menit)}$
- $D = \text{diameter pisau frais (mm)}$
- $n = \text{putaran spindle utama (rpm)}$

Tabel 3.2 Kecepatan potong bahan teknik

NO	Bahan Benda kerja	Vc (m/menit)
1	Mild Steel	30 – 38
2	Steel (tough)	15 – 18
3	Baja >70	10 – 14
4	Baja 50-70	14 – 21
5	Baja 34-50	20 -30
6	Tembaga, Perunggu lunak	40 -70
7	Alluminium murni	300 – 500
8	Plastic	40 - 60

Untuk melakukan proses milling dengan kedalaman potong yang besar direkomendasikan menggunakan kecepatan potong yang rendah, agar tidak terjadi defleksi dan getaran pada material yang dipotong sehingga permukaan potong yang dihasilkan lebih halus. Penentuan Putaran Spindle Putaran spindle sangat berpengaruh terhadap kecepatan potong dan waktu pemotongan. Terdapat tiga faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan putaran pisau frais antara lain:

- a. Material yang akan di frais
- b. Bahan pisau frais
- c. Diameter pisau frais

Kombinasi ketiga faktor tersebut akan menentukan putaran *spindle* yang tepat untuk proses pemesinan.

Feeding.

Feeding untuk proses milling dibedakan menjadi tiga type, yaitu

1. *Feed per minute*: Pergerakan meja dalam mm pada waktu 1 menit Satuannya mm/menit.
2. *Feed per cutter revolution*: Pergerakan meja dalam mm pada 1 kali putaran *milling cutter*. Satuannya mm / *revolution*.
3. *Feed per tooth*: Pergerakan meja dalam mm selama waktu cutter yang berputar pada benda kerja dari satu mata potong ke mata potong berikutnya. Satuannya mm/*tooth*. Besarnya gerak makan tiap gigi pada *cutter* dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Dimana:

$V_f = \text{feed rate (mm/menit)}$

$f = \text{gerak makan, (mm/putaran)}$

$n = \text{putaran spindle (rpm)}$

Feed dapat dinyatakan sebagai rasio gerak benda kerja terhadap gerak putar pisau frais. Dalam menentukan *feed*, kita harus memperhatikan factor yang mempengaruhi nilai *feed* yaitu, jenis *cutter*, dalam pemotongan (*depth of cut*), kualitas permukaan yang dihasilkan, dan performa mesin. Kedalaman pemotongan sangat menentukan kehalusan permukaan material yang dipotong. Untuk memperoleh permukaan potong yang halus direkomendasikan menggunakan pemakanan yang kecil sehingga kedalaman potong harus diturunkan. *Feeding* juga harus memperhatikan jenis *cutter* yang digunakan, bagaimana dimensi *cutter*, dan material *cutter* harus disesuaikan dengan material yang akan dipotong. Besarnya nilai *feeding* juga harus memperhitungkan performa mesin. Mesin-mesin yang usianya sudah tua tentunya kemampuan dalam pengerjaan dengan *feeding* yang tinggi sulit dilakukan.

Dimensi

Pengertian dimensi didalam penelitian adalah indikator atau pun variable yang dikaji didalam suatu penelitian yang bertujuan untuk memberikan arahan mengenai pengukurannya atau artinya variabel-variabel yang penting didalam penelitiannya variabel tersebut mempunyai hubungan dengan variabel lainnya

Alat Ukur

Alat ukur mekanik merupakan sebuah alat ukur yang secara khusus didesain untuk membantu pengukuran dimensi, panjang, lebar, luas dan masa. Jenis alat ukur mekanik sendiri ada banyak sekali dimana setiap jenisnya memiliki bentuk, ukuran dan fungsi yang berbeda antara satu dengan lainnya. oleh sebab itu dalam pemilihan alat ukur harus dilakukan lebih selektif agar bisa menemukan jenis alat ukur yang paling tepat dan sesuai dengan kebutuhan.

Dial indicator

Alat Ukur Dial indikator merupakan sebuah alat ukur dengan skala pengukuran yang sangat

kecil. Alat ukur ini tidak dapat berdiri sendiri, dimana dalam penggunaannya, alat ini harus dipasangkan dengan alat bantu yang disebut *magnetic base* sebagai pemegang dan berfungsi untuk mengatur posisi dari *dial gauge* seperti tinggi-rendahnya dan kemiringannya. Secara umum, fungsi dial indikator adalah untuk mengukur kerataan permukaan bidang datar, kebulatan sebuah poros, mengukur kerataan permukaan dan mengukur kerataan permukaan dinding *Cylinder*. Banyak orang beranggapan bahwa menggunakan dial indikator sangat rumit. Namun jika Anda menguasai caranya, maka Cara menggunakan dial indikator sendiri sebenarnya tidak sesulit, berikut ini adalah langkah langkahnya:

1. Pasang *contact point* pada dial indicator
2. Kemudian pasang dial indicator pada standnya
3. Tempelkan *contact point* pada objek atau benda kerja yang akan diukur
4. Kendorkan *screw* pengikat pada skala dan posisikan angka nol sejajar dengan jarum penunjuk. Kemudian kencangkan kembali *screw* pengikat
5. Gerakkan benda kerja sesuai dengan kebutuhan
6. Dan terakhir baca nilai penyimpangan jarum penunjuk pada skala



Gambar : Dial Indikator

Kaliper/jangka sorong Jangka sorong ialah alat ukur yang ketelitiannya hingga seperseratus milimeter. Terbagi menjadi dua bagian, bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat. Beberapa produk keluaran terbaru telah dilengkapi dengan *display* digital. Pada versi analog, umumnya tingkat ketelitian adalah 0.05mm untuk *jangka*

sorang dibawah 30cm dan 0.01 untuk yang di atas 30cm. *Kegunaan/Fungsi :*

- Dipakai untuk mengukur suatu benda dari sisi luar dengan cara diapit.
- Dipakai untuk mengukur kedalaman celah/lubang pada suatu benda dengan cara tancapkan bagian pengukur. Bagian pengukur tidak terlihat pada gambar karena berada di sisi pemegang.
- Dipakai untuk mengukur sisi dalam suatu benda yang biasanya berupa lubang (pada pipa, maupun lainnya) dengan cara diulur



Gambar 3.7 Jangka sorong

Bore gauge

Bore gauge atau juga dikenal dengan Cylinder Gauge ialah alat ukur yang dipakai guna mengukur diameter silinder. di bagian atas terdapat dial gauge dan di bagian bawahnya terdapat measuring point yang bisa bergerak bebas. Dial gauge yang terletak di bagian atas bisa dilepas caranya yaitu longgarkan securing position dial gauganya. Sedangkan ujung batang pengukur (measuring point) akan bergerak bila ditekan dan jarum pada dial gauge antara 0-2 mm akan bergerak dari harga standarnya. di sisi lain terdapat replacement rod yang panjangnya beragam tergantung pada kebutuhan, yang dilengkapi dengan replacement securing thread merupakan semacam mur pengikat yang berfungsi untuk mengunci supaya replacement rod dan washernya tidak lepas ketika bore gauge digunakan.

Kegunaan/Fungsi :

Berguna untuk mengukur garis tengah bagian dalam dari sebuah benda kerja, seperti : Cylinder, lubang dudukan poros dan lain-lain.
Cara Menggunakan Bore Gauge :

- Ukur diameter silinder dengan memakai jangka sorong untuk mengetahui diameter

secara kasar guna memilih rod end yang tepat untuk dipasangkan pada bore gauge (atau lihat ukuran standarnya pada maintenance standard), misal diperoleh hasil pengukuran : 75,40 mm.

- Pilih replacement rod yang panjangnya lebih besar dari hasil pengukuran tersebut misal 76 mm, setelah itu pasang replacement rod pada bore gauge.
- Ukur panjang replacement rod dengan mikrometer luar dan usahakan jarum dial gauge tidak bergerak, misal diperoleh hasil pengukuran 76,20.
- Masukkan replacement rod kedalam lubang (cylinder), goyangkan tangkai bore gauge ke kanan dan ke kiri hingga di peroleh penyimpangan terbesar (posisi tegak lurus).
- Baca besarnya penyimpangan yang ditunjukkan dial gauge, misal diperoleh 0,13 mm.
- Besarnya diameter cylinder yaitu selisih antara hasil pengukuran panjang replacement rod dengan besarnya penyimpangan jarum bore gauge. Jadi diameter cylinder = $76,20 - 0,13 = 76,07$ mm



Gambar 3.8 bore gauge

Standart Operational Procedure (SOP) mesin milling

Dalam menjalankan operasional mesin milling diperlukan standartstandart operasi prosedur sebagai acuan kerja secara sungguh-sungguh untuk menghindari kegagalan kesalahan, keraguan, sehingga dapat menghasilkan produk yang memuaskan.

Langkah Persiapan

- Memeriksa kondisi mesin.

- Memilih mata pahat yang sesuai dibutuhkan.
- Membersihkan alur meja mesin.

Langkah pelaksanaan pengerjaan

- Memeriksa kondisi sumber tenaga berfungsi dengan baik, semua indicator berfungsi baik.
- Memeriksa bahwa kondisi elemen-elemen mesin terpasang pada tempatnya dan berfungsi sebagai unsur gerak mekanis untuk masing-masing keperluan, misalnya perangkat /perlengkapan pengeboran, perangkat pengaluran dan perangkat pembuat roda gigi.
- Melakukan pemanasan (running maintenance) selama lebih kurang 5-10 menit, agar semua komponen menyesuaikan gerakan dan semua pelumas yang ada di bak pelumas sudah beredar melumasi elemen-elemen mesin.
- Memasang/menjepit benda kerja pada ragum penjepit yang sudah terpasang pada mesin dengan posisi sesuai dengan bentuk pengerjaan dan yakinkan bahwa benda kerja sudah terpasang dengan baik dan kuat.
- Memilih elemen perangkat pengerjaan yang akan dipakai.
- Memasang alat potong pada pemegangnya, kemudian lakukan setting dengan benda kerjanya.
- Melakukan proses pemotongan dengan mengatur putaran spindle ,pemakanan serta kedalaman pemakanan.
- Memeriksa atau memberi pelumas pada elemen mesin yang bergerak untuk menjaga keawetan mesin pada waktu bekerja.
- Jika sudah selesai digunakan, mesin dibersihkan dari segala kotoran



Gambar 4.1 Benda Kerja Penelitian

Tabel 4.1 Tabel Caming Speed (Vc)

(Sumber : E. Paul DeGarmo, J.T.Black, Ronald A.Kohser, 2002)

Bahan	Pahat Milling		Pahat Milling Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja Lunak (Mild Steel)	30-38	60-70	30-250	100-800
Besi Tuang (Cast Iron)	16-24	45-55	45-150	150-500
Perunggu	24-45	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	90-210	100-400	120-300	400-1000
Alumunium	75-105	300-500	90-180	0-600

HASIL DAN ANALISA

Penelitian

Material : *Mild Steel*

Dimensi : 500 mm x 450 mm

Ketebalan *Plate* : 25 mm

Mesin : *Enshu JE80*

Kecepatan Pemakanan : 300, 500, 800

Jumlah Gigi : 4

Kecepatan *Spindle* : 750 Rpm



Gambar 4.2 Pemrograman boring



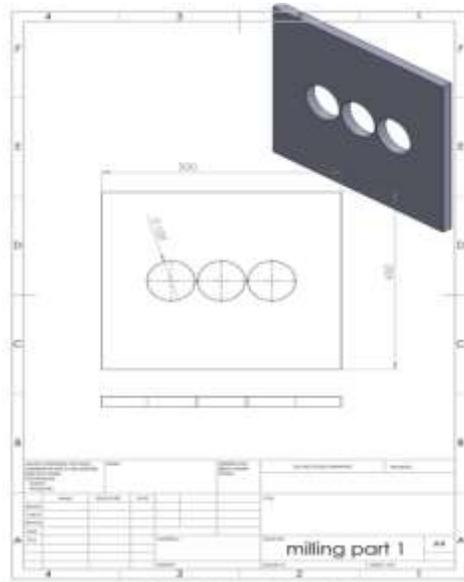
Gambar 4.3 Proses pengukuran dan Pengambilan data



Gambar 4.4 Proses pengukuran dan Pengambilan data



Gambar 4.5 Proses pengukuran dan Pengambilan data



Gambar 4.6 Gambar Kerja Penelitian

Untuk mengetahui tingkat ketelitian pada pemotongan material dengan menggunakan mesin *cnc milling*, maka harus menggunakan cara perhitungan *feedrate* dengan menggunakan rumus :

Rumus Perhitungan Cutting Speed

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \text{ menit}} \dots \dots \dots (4-1)$$

Dimana :

V_c : cutting Speed

π : 3,14

D : Diameter (mm)

n : Spindle Speed (min-1)

Spindle Speed

$$n = V_c / \pi / D \times 1000 \dots \dots \dots (4-2)$$

V_c : cutting Speed

π : 3,14

D : Diameter (mm)

n : Spindle Speed (min-1)

Feed

$$V_f = n \times f_z \times Z \dots \dots \dots (4-3)$$

V_f : cutting Speed

f_z : Feed per tooth (mm/tooth)

z : number of flutes

n : Spindle Speed (min-1)

Feed per Tooth

$$F_z = \frac{F}{n \times Z} \dots \dots \dots (4-4)$$

F : Feedrate

Fz : Feed per tooth (mm/tooth)

z : number of flutes

n : Spindle Speed (min-1)

dari rumus yang diatas maka perhitungan ketelitian pada kecepatan potong cnc milling maka didapat hasil

Perhitungan Vc (cutting Speed), n (Kecepatan spindle), F (feedrate)

Vc (cutting Speed)

$$Vc = \frac{3,14 \cdot 20,477}{1000} \text{ m/menit}$$

$$= 29,95 \text{ (Pembulatan 30)}$$

n (Kecepatan spindle)

$$n = 30 / \pi / D \times 1000$$

$$n = 30 / 3,14 / 20 \times 1000$$

$$= 477,707 \text{ (Put/Min)}$$

F(feedrate)

$$Vf = n \times fz \times Z$$

$$Vf = 750 \times 0,1 \times 4$$

$$= 300 \text{ mm/min}$$

3. Hasil Dan Analisa

Tabel 4.2 Percobaan pengujian Ketelitian Dimensi dengan spindle speed tetap 750rpm

Material	Spindle speed (rpm/min)	Feedrate (mm/min)	Dimensi program (mm)	Aktual dimensi (mm)	Deviasi (mm)	Keterangan
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,92 ± 0,05	0,05	ditertima
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,91 ± 0,05	0,09	ditolak
AluM Steel	750rpm	300	Ø100	Ø99,74 ± 0,05	0,26	ditolak

Bedasarkan tabel pengujian 4.2 dilakukan pengujian proses boring dengan CNC milling, Didalam proses boring ini digunakan dimensi program Ø100 mm. Didalam penelitian ini digunakan kecepatan spindle tetap 750 rpm dan parameter kecepatan pemakanan yang berbeda yaitu 300,500,800 mm/min. Maka hasil yang didapat setelah proses tersebut selesai dan dilakukan pengukuran ,dimana parameter kecepatan pemakanan 300 mm/menit mendapatkan hasil aktual dimensi yaitu Ø99.95 mm, kecepatan pemakanan 500 mm/menit mendapatkan hasil actual dimensi yaitu Ø99.81 mm dan kecepatan pemakanan 800 mm/menit

mendapatkan hasil aktual dimensi yaitu Ø99.74 mm. Berdasarkan hasil dari pengujian diatas maka hasil yang didapat dari kecepatan pemakanan 300 mm/min dengan kecepatan spindle 750 rpm sesuai toleransi yang diinginkan ,untuk kecepatan pemakanan 500 dan 800 sangat jauh dari toleransi yang ditetapkan sehingga dibutuhkan perbaikan atau status material gagal

Tabel 4.3 Percobaan Ketelitian Dimensi dengan spindle speed berbeda

Material	Spindle speed (rpm/min)	Feedrate (mm/min)	Dimensi program (mm)	Aktual dimensi (mm)	Deviasi (mm)	Keterangan
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,95 ± 0,05	0,05	ditertima
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,94 ± 0,05	0,06	ditolak/ditertima
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,93 ± 0,05	0,07	ditolak/ditertima
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,94 ± 0,05	0,06	ditolak/ditertima
AluM Steel	750 Rpm	300	Ø100	Ø99,95 ± 0,05	0,05	ditertima

Tabel 4.4 Percobaan Ketelitian Dimensi dengan spindle speed berbeda

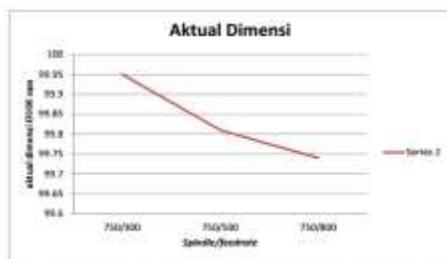
Material	Spindle speed (rpm/min)	Feedrate (mm/min)	Dimensi program (mm)	Aktual dimensi (mm)	Deviasi (mm)	Keterangan
AluM Steel	1750 Rpm	300	Ø100	Ø99,93 ± 0,05	0,07	ditolak/ditertima
AluM Steel	1250 Rpm	300	Ø100	Ø99,92 ± 0,05	0,08	ditolak/ditertima
AluM Steel	1250 Rpm	300	Ø100	Ø99,91 ± 0,05	0,09	ditolak/ditertima
AluM Steel	1250 Rpm	300	Ø100	Ø99,93 ± 0,05	0,07	ditolak/ditertima
AluM Steel	1250 Rpm	300	Ø100	Ø99,93 ± 0,05	0,07	ditolak/ditertima

Tabel 4.5 Percobaan Ketelitian Dimensi dengan spindle speed berbeda

Material	Spindle speed (rpm/min)	Feedrate (mm/min)	Dimensi program (mm)	Aktual dimensi (mm)	Deviasi (mm)	Keterangan
AluM Steel	2000 Rpm	300	Ø100	Ø99,90 ± 0,05	0,10	ditolak/ditertima
AluM Steel	2000 Rpm	300	Ø100	Ø99,88 ± 0,05	0,12	ditolak/ditertima
AluM Steel	2000 Rpm	300	Ø100	Ø99,89 ± 0,05	0,11	ditolak/ditertima
AluM Steel	2000 Rpm	300	Ø100	Ø99,90 ± 0,05	0,10	ditolak/ditertima
AluM Steel	2000 Rpm	300	Ø100	Ø99,88 ± 0,05	0,12	ditolak/ditertima

Hasil Tabel

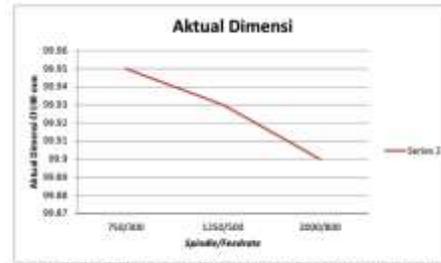
- Berdasarkan tabel pengujian 4.3 dilakukan pengujian proses *boring* dengan *CNC milling*, pada proses *boring* ini digunakan dimensi program $\varnothing 100$ mm. Didalam penelitian ini digunakan kecepatan *spindle* tetap 750 rpm dan parameter kecepatan pemakanan yaitu 300 mm/min. Maka hasil yang didapat setelah proses tersebut selesai dan dilakukan pengukuran dimana kecepatan pemakanan 300 mm/menit mendapatkan hasil aktual dimensi yaitu $\varnothing 99.95$ mm,
- Berdasarkan tabel pengujian 4.4 dilakukan pengujian proses *boring* dengan *CNC milling*, pada proses *boring* ini digunakan dimensi program $\varnothing 100$ mm. Didalam penelitian ini digunakan kecepatan *spindle* tetap 1250 rpm dan parameter kecepatan pemakanan yaitu 500 mm/min. Maka hasil yang didapat setelah proses tersebut selesai dan dilakukan pengukuran dimana kecepatan pemakanan 500 mm/menit mendapatkan hasil aktual dimensi yaitu $\varnothing 99.93$ mm,
- Berdasarkan tabel pengujian 4.5 dilakukan pengujian proses *boring* dengan *CNC milling*, pada proses *boring* ini digunakan dimensi program $\varnothing 100$ mm. Didalam penelitian ini digunakan kecepatan *spindle* tetap 2000 rpm dan parameter kecepatan pemakanan yaitu 800 mm/min. maka hasil yang didapat setelah proses tersebut selesai dan dilakukan pengukuran dimana kecepatan pemakanan 800 mm/menit mendapatkan hasil aktual dimensi yaitu $\varnothing 99.90$ mm,



Gambar 4.7 Grafik Rata-rata ketelitian dimensi pada variasi *feedrate* dengan rpm tetap

Berdasarkan gambar 4.6 tentang diagram aktual dimensi maka dapat dilihat semakin besar parameter kecepatan pemakanan dengan kecepatan *spindle* tetap 750 rpm maka semakin

jauh dari aktual dimensi yang diinginkan yaitu $\varnothing 100$ mm.



Gambar 4.6 Grafik Rata-rata ketelitian dimensi pada variasi *feedrate* dengan rpm yang berbeda

Berdasarkan gambar 4.7 tentang diagram aktual dimensi maka dapat dilihat semakin besar parameter kecepatan pemakanan dengan kecepatan *spindle* yang berbeda maka semakin mendekati dari aktual dimensi yang diinginkan yaitu $\varnothing 100$ mm.

Teknik pengambilan dan analisis data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data-data hasil dari proses eksperimen mengenai parameter yang diuji data hasil penelitian yang didapatkan meliputi :

Hasil percobaan adalah hasil dari penelitian sesuai parameter yang telah ditentukan dalam desain eksperimen.

Hasil pengukuran proses permesinan adalah hasil

proses pengukuran dimensi yang telah dikumpulkan yaitu hasil pengukuran diameter dalam dari simulasi proses permesinan yaitu proses *boring*. Data yang didapatkan kemudian diolah untuk mendapatkan hubungan antara pengaruh dari tiap-tiap parameter terhadap ketelitian dimensi yang dihasilkan dan optimasi waktu dari masing-masing parameter , sehingga parameter yang optimal dari pengujian tersebut merupakan kesimpulan yang dapat diambil. Pada penelitian ini menggunakan analisis random, dimana metode ini digunakan untuk mencari hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, sehingga akan dapat diketahui besar nya pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikatnya.

Pembahasan hasil

Berdasarkan dari metode penelitian yang telah ditetapkan, pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan pengaturan parameter pada setiap percobaannya. Perhitungan parameter kecepatan pemakanan sebagai variable respon dalam penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan terlebih dahulu parameter kecepatan *spindle*.

Dari hasil penelitian yang dilakukan yaitu proses boring dengan menggunakan *tool* Ø20 mm dengan *spindle speed* 750 Rpm tetap dan variasi *feedrate* (300,500,800)mm/min, maka hasil yang didapat rata-rata dimensi yang aktual terhadap dimensi program yaitu 99.95 mm dengan toleransi 0.05 mm untuk *feedrate* 300 mm/min, dan untuk *feedrate* 500 mm/min dan 800 mm/min sangat jauh dari toleransi apabila menggunakan kecepatan *spindle speed* tetap 750 Rpm. Untuk hasil grafik yang didapat maka semakin besar parameter *feedrate* yang dilakukan dengan kecepatan *spindle speed* tetap 750 Rpm, maka semakin kecil dimensi yang didapat / menjauhi dimensi yang diinginkan. Sedangkan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *tool* Ø20 mm dengan *spindle speed* berbeda (750,1250,2000) Rpm dan variasi *feedrate* (300,500,800)mm/min, maka hasil yang didapat rata-rata dimensi yang actual terhadap dimensi program yaitu 99.95 mm dengan toleransi 0.05 mm untuk *feedrate* 300 mm/min, dan untuk *feedrate* 500 mm/min dimensi yang dihasilkan 99.93 mm dan 800 mm/min dimensi yang dihasilkan 99.90 mm, mendekati dari toleransi apabila menggunakan kecepatan *spindle speed* yang bervariasi. Untuk hasil grafik yang didapat maka semakin besar parameter *feedrate* yang dilakukan dengan kecepatan *spindle speed* yang berbeda, maka semakin besar parameter kecepatan *spindle* maka semakin mendekati dengan hasil/toleransi yang diinginkan. Dari analisa hasil penelitian ketelitian dimensi ada beberapa hal yang mempengaruhi ketelitian dimensi dengan hasil yang diinginkan antara lain :

1. Parameter Kecepatan *spindle*
2. Parameter kecepatan pemakanan (*feedrate*)
3. *Tool* yang digunakan
4. Material yang digunakan
5. Kedalaman penyayatan

Untuk mendapatkan hasil dimensi yang lebih akurat sesuai yang diinginkan maka kecepatan putaran *spindle* dan parameter *feedrate* nya harus berimbang apabila tidak sama/tidak berimbang maka dimensi yang dihasilkan sangat jauh dari toleransi yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian proses *boring* dengan menggunakan mesin *CNC milling* dan *tool* Ø20 mm, maka penulis menyatakan parameter kecepatan pemakanan yang baik digunakan untuk mendapatkan hasil dimensi yang baik dan tidak memerlukan waktu pengerjaan yang lama, sehingga parameter kecepatan pemakanan yang baik digunakan yaitu 300 mm/min dengan kecepatan *spindle* 750 rpm. Untuk kecepatan 500 mm/min dan 800 mm/min hanya mendekati dari hasil yang diinginkan.

4. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian terhadap proses *boring* dengan menggunakan material *mild steel* dan menggunakan mesin *CNC milling*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini proses *boring* yang dilakukan dengan menggunakan *CNC Milling* dengan diameter *tool* 20 mm dengan kecepatan pemakanan 300,500,dan 800 mm/min.
2. Hasil pengujian proses boring dengan menggunakan parameter kecepatan pemakanan yang sama dan berbeda maka di kecepatan pemakanan 300 mm/min dan kecepatan *spindle* 750 rpm mendapatkan hasil yang diinginkan (sesuai toleransi) sedangkan kecepatan pemakanan 500 mm/min dan 800 mm/min dengan kecepatan *spindle* 1250 dan 2000 rpm mendekati dari hasil yang diinginkan (mendekati toleransi).
3. Untuk mendapatkan ketelitian dimensi yang diinginkan pada saat proses boring maka harus dilihat parameter kecepatan pemakanan dan kecepatan *spindle* nya apabila tidak mengetahui hal ini maka hasil proses tersebut tidak akan mendapat ketelitian dimensi yang diinginkan dan proses permesinan tersebut gagal (*material reject*)

Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Perlu dilakukan pengujian yang serupa tetapi dengan menggunakan jenis material yang lebih banyak, sehingga dapat mengetahui seberapa pengaruh ketelitian dimensi terhadap material yang digunakan yang mendekati angka yang aktual.
2. Perlu dilakukan pengujian serupa dengan menggunakan lebih banyak parameter kecepatan pemakanan dan kecepatan *spindle* nya.
3. Harus dilakukan ketelitian didalam proses pengukuran material dengan hasil yang didapat.
4. Dalam proses permesinan, harus mengetahui variabel parameter-parameter yang digunakan dengan tepat, agar proses tersebut dapat selesai dengan hasil yang diharapkan dan tidak memerlukan waktu yang lama dalam prosesnya.

Daftar Pustaka

- Bagiasna, Komang, & Yuwono, Sigit, 2002, "*Proses – Proses Non Konvensional*", Diklat Kuliah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITB
- E. Paul DeGarmo, J.T. Black, Ronald A. Kohser, 2002, "*Materials And Processes In Manufacturing*", 8th, Prentice-Hall of India, New Delhi.
- Henley Noble, David F .2011 Forces of Production: A Social History of Industrial Automation, New York
- IncWoodbury, Robert S. 2011 . [1960], History of the Milling Machine Massachusetts:MIT Press,Encyclopædia Britannica (2011)
- Joseph Wickham . 2010 .The Mechanical Equipment: Volume 3: Factory Management Course3 New York : Industrial Extension Institute,
- Knopf Roe, Joseph Wickham. 2008 .English and American Tool Builders Connecticut: Yale University Roe,