

**Rancang Bangun Alat Bantu Proses Pembubutan Bentuk Bola
untuk Mesin Bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 di Lab. Pemesinan
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang**

Oleh :

Aryo Satito, Giyanto, L.Y. Sutadi, Sri Harmanto, Suparni Setyowati Rahayu
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH. Tembalang, Semarang

Abstract

The turning process is a machining operation to produce cylindrical components. The types of work that can be done on a turning operation are longitudinal turning, surface turning, threading, cutting of workpieces, spherical shape turning. From those various types of work, spherical turning is a most difficult turning job, because the operator must move the longitudinal slide using the right palm, while at the same time the left palm must rotate the cross slide in the opposite direction. The objective of this research is to produce equipment that can be used to produce spherical shape and can be installed on the EMCO MAXIMAT and CELTIC 16 turning machine in the Machinery Laboratory of the Mechanical Engineering Department of POLINES. The research methods carried out are: the design of equipment mechanism, material selection, design realization, and performance testing. The research outcome is a prototype of a ball shape turning process which can be used to produce turning shape of a convex or concave workpiece, and a spherical shape. The maximum turning diameter for both the spherical and semispherical shape is 80 mm and the minimum diameter is 25 mm. The average work surface surface roughness (Ra) is 4 ~ 6 μm or N8 according to ISO 25178 Roughness Grade Number standard with an average diameter deviation of ± 0.1 mm.

Keywords: turning, spherical shape, roughness, tolerance

Abstrak

Proses pembubutan merupakan operasi pemesinan untuk menghasilkan komponen silindris. Jenis pekerjaan yang dapat dilakukan pada mesin bubut adalah pembubutan memanjang, pembubutan permukaan, pembuatan ulir, pemotongan benda kerja, pembubutan bentuk bola. Dari berbagai jenis pekerjaan tersebut pembubutan bentuk bola merupakan pekerjaan pembubutan yang sulit dilakukan, karena operator harus menggerakkan eretan memanjang dengan menggunakan telapak tangan kanan, sementara pada saat yang bersamaan telapak tangan kiri harus memutar eretan melintang bersamaan dengan arah yang berlawanan. Tujuan penelitian untuk menghasilkan peralatan yang dapat dipasang pada mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 yang ada di Laboratorium Pemesinan Jurusan Teknik Mesin POLINES. Metode penelitian yang dilakukan adalah : perancangan mekanisme peralatan, pemilihan material, realisasi rancangan, dan uji kinerja. Luaran penelitian adalah prototipe alat bantu proses pembubutan bentuk bola yang dapat digunakan untuk memperkaya materi praktek pembubutan pada mata kuliah praktik pemesinan yang mampu dipergunakan untuk membubut benda kerja berbentuk setengah bola cembung atau cekung, dan bentuk bola. Diameter maksimum pembubutan untuk bentuk setengah bola maupun bentuk bola adalah 80 mm dan diameter minimum 25 mm. Tingkat kekasaran permukaan benda kerja rata-rata (Ra) adalah 4 ~ 6 μm atau N8 sesuai standar ISO 25178 Roughness Grade Number dengan penyimpangan ukuran diameter rata-rata adalah $\pm 0,1$ mm.

Kata kunci : pembubutan, bentuk bola, kekasaran, toleransi

PENDAHULUAN

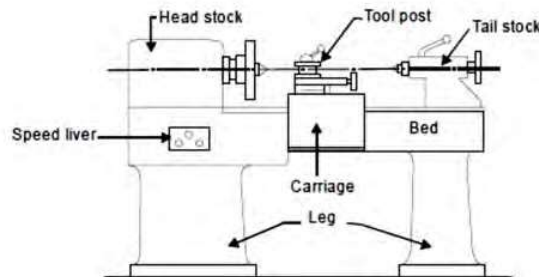
Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari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

Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisar yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir.

Sejarah mesin bubut terlacak secara arkeologis pada contoh paling kuno dari seni pembubutan yang sejauh ini ditemukan pada fragmen sebuah mangkuk dari kayu Etruscan, yang dibuat sekitar tahun 700 SM dan ditemukan di Makam Pejuang di Cornetto (Woodburry, 1961).

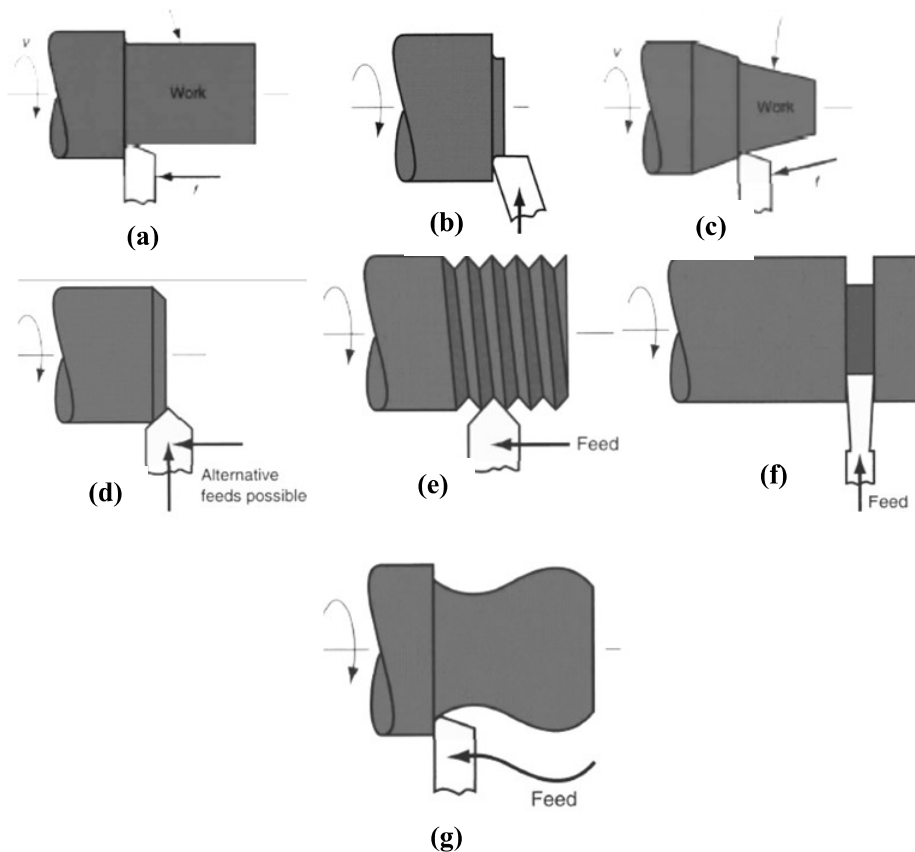
Menurut Morichigi (2016), bagian-bagian utama dari mesin bubut manual terdiri dari :

- a. Kepala tetap (*head stock*)
- b. Landasan (*bed*)
- c. Pelana (*carriage*)
- d. Penyangga mesin (*leg*)
- e. Kepala lepas (*tail stock*)
- f. Dudukan pahat (*tool post*) yang terdiri dari eretan memanjang dan eretan melintang.



Gambar 1. 1 Skema bagian-bagian mesin bubut

Groover (2002) mengklasifikasikan jenis pekerjaan perautan yang dapat dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 2 Klasifikasi jenis pekerjaan perautan pada mesin bubut

- (a) pembubutan memanjang, (b) pembubutan permukaan,
- (c) pembubutan konis, (d) pembubutan *chamfer*, (e) pembubutan ulir,
- (f) pembubutan pemotongan, (g) pembubutan bola (*contouring*)

Dari berbagai jenis pekerjaan perautan pada mesin bubut tersebut diatas hanya pekerjaan pembubutan bola (*contouring*) yang tidak dapat dilakukan dengan metode pembubutan otomatis. Jenis pembubutan ini harus dilakukan secara manual yang membutuhkan keterampilan yang tinggi dari operator mesin bubut, hal ini disebabkan dalam melakukan pembubutan bentuk bola dituntut keterampilan yang

**Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat
Polines - 2019**

sangat tinggi dari operator. Karena dalam melakukan pembubutan bentuk bola operator harus menggerakkan eretan memanjang dengan menggunakan telapak tangan kanan sementara pada saat yang bersamaan telapak tangan kiri harus memutar eretan melintang. Kedua gerakan memutar tersebut harus dilakukan serempak dengan arah yang berlawanan seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 3 Proses pembubutan bentuk bola (*contouring*)

Agar kesulitan pada saat pembubutan bentuk bola (*contouring*) dapat dihilangkan sehingga pembubutan dapat lebih mudah dilakukan dengan hasil permukaan bubutan yang lebih halus serta ukuran yang lebih akurat, maka melalui Penelitian Terapan Pratama 2018 perlu dirancangbangunkan sebuah peralatan yang terdiri dari serangkaian mekanisme yang dapat menggerakkan pahat bubut melakukan gerakan perautan melingkar agar menghasilkan benda kerja berbentuk bola simetris.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan peralatan yang dapat dipasang pada mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 yang ada di Lab. Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang dan juga untuk meneliti pengaruh kecepatan dan respon mekanisme peralatan pembubutan bentuk bola terhadap kepresisian ukuran dan kehalusan permukaan. Secara spesifik tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan mutu produk
- b. Memperkenalkan metode pembubutan bentuk bola
- b. Meneliti pengaruh mekanisme peralatan bantu terhadap kehalusan permukaan produk.

- b. Membandingkan kekasaran permukaan produk antara sebelum dan sesudah menggunakan peralatan bantu proses pembubutan bentuk bola.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja

Baja sebagai material utama yang digunakan dalam penelitian rancang bangun ini dikenal sebagai material yang digunakan di segala bidang, mulai dari peralatan rumah tangga hingga peralatan industri berat. Menurut Abdulrazzaq (2016) baja yang merupakan paduan dari besi (Fe) dan karbon (C) dengan kandungan unsur karbon antara 0,2 % sampai 2,1 %. Dan baja diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) kelompok utama, yaitu:

- a. Baja lunak

Yaitu baja dengan kandungan karbon sampai dengan 0,20% dan tidak mengandung unsur lain selain Si dan Mn; banyak dipergunakan untuk bahan konstruksi baja karena mempunyai sifat mampu las dan mampu dibentuk yang baik

- b. Baja karbon rendah

Yaitu baja dengan kandungan karbon 0,10 % sampai dengan 0,25 % dengan disertai tambahan unsur lain pada komposisinya.

- c. Baja karbon tinggi

Yaitu baja dengan kandungan karbon 0,56 % sampai dengan 1,70 % dengan disertai tambahan unsur lain pada komposisinya.

Baja karbon rendah jenis S20C dipilih untuk material pembuatan Proses alat bantu proses pembubutan benda kerja berbentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16.

Tabel Komposisi kimia dan sifat mekanis S20C

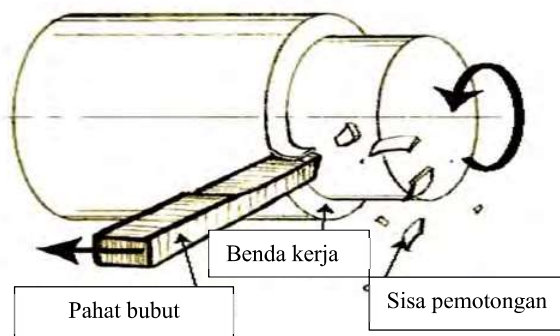
Component Elements Properties	Metric
Carbon, C	0.17 - 0.23 %
Chromium, Cr	<= 0.200 %
Copper, Cu	<= 0.300 %
Iron, Fe	98.1 - 99.4 %

**Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat
Polines - 2019**

Manganese, Mn	0.30 - 0.60 %
Nickel, Ni	≤ 0.200 %
Phosphorous, P	≤ 0.030 %
Silicon, Si	0.150 - 0.350 %
Sulfur, S	≤ 0.035 %
Density	7700-8030. (kg/m ³)
Young's Modulus	190-210. (GPa)
Tensile Strength	569 ~ 686 (Mpa)
Yield Strength	343 ~ 490 (Mpa)
Poisson's ratio	0.27-0.30

Proses Pembubutan

Pembubutan adalah proses menyayat lapisan logam pada diameter luar benda kerja yang berputar pada porosnya dengan hasil berbentuk silindris. Pembubutan juga digunakan untuk mengurangi diameter benda kerja ke dimensi yang ditentukan, dan untuk menghasilkan lapisan halus pada permukaan logam. Dalam proses pembubutan, lapisan demi lapisan material yang tidak diinginkan diraut dari benda kerja. Gambar berikut menunjukkan skema dari proses pembubutan logam di mana alat potong berbentuk baji tajam bermata diatur ke kedalaman pemotongan tertentu dan bergerak relatif terhadap benda kerja benda kerja yang berputar pada porosnya (Singh and Channi, 2016).



Gambar Proses pembubutan

Proses pembubutan membutuhkan sebuah mesin bubut, benda kerja, pengecam benda kerja, dan pahat potong. Benda kerjanya adalah material yang belum dibentuk yang dicekam oleh peralatan pengecam yang terpasang pada mesin bubut. Sedangkan pahat potong yang digunakan untuk meraut permukaan benda kerja terbuat dari baja kecepatan tinggi (*high speed steel, HSS*), dan memiliki sebuah mata sayat tunggal. Pahat potong dipenetrasikan dengan kedalaman tertentu kedalam benda kerja yang berputar sehingga terjadi proses penyayatan hingga bentuk dan ukuran yang diinginkan tercapai. Hasil penyayatan berupa kepingan kecil logam (*chip* atau geram) dan juga panas (Kumar & Narayana, 2015).

Mekanisme

Untuk dapat merubah gerak translasi linear eretan melintang dan eretan memanjang pada mesin bubut, dibutuhkan suatu mekanisme yang akan merubah gerak translasi linear menjadi gerak translasi rotasi. Rangkaian mekanisme yang dapat merubah gerak linear menjadi gerak rotasi adalah rangkaian roda gigi dan batang bergigi. Gerak translasi linear diberikan oleh batang bergigi (*rack gear*) dan ditransmisikan ke roda gigi (*gear*) yang akan merubah gerak linear menjadi gerak translasi rotasi (Thang, 2014).



Gambar Rangkaian Batang Bergigi dan Roda Gigi

Prinsip perubahan gerak translasi linear ke gerak translasi rotasi inilah yang akan diterapkan pada alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 yang ada di laboratorium pemesian Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.

Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Polines - 2019

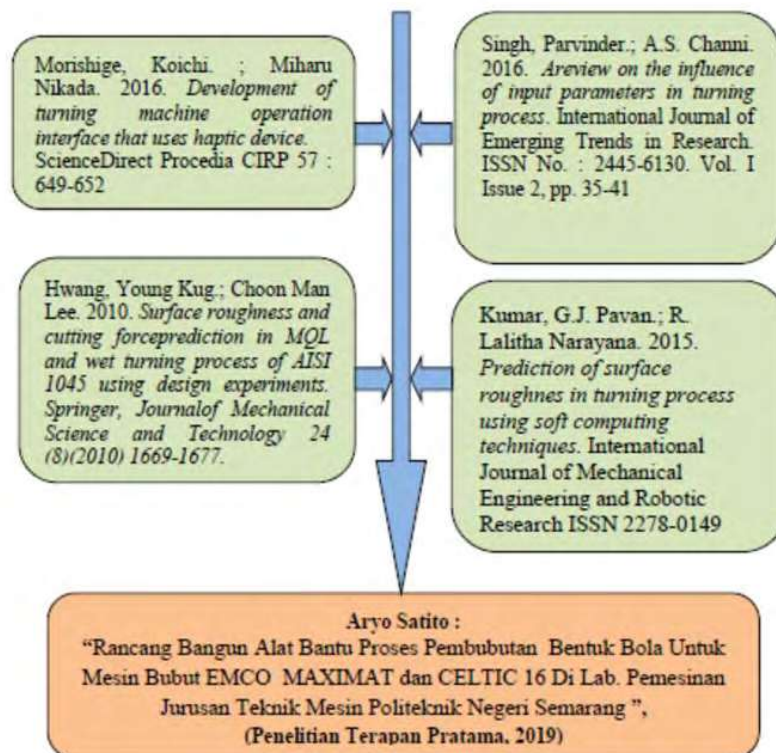
Studi Pendahuluan yang Sudah Dilakukan

Studi pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut:

- Survey ke UKM di bidang usaha bengkel bubut di Semarang dan sekitarnya
- Praktikum pembubutan bentuk contouring di lab. Pemesinan Polines.

Peta Jalan Penelitian

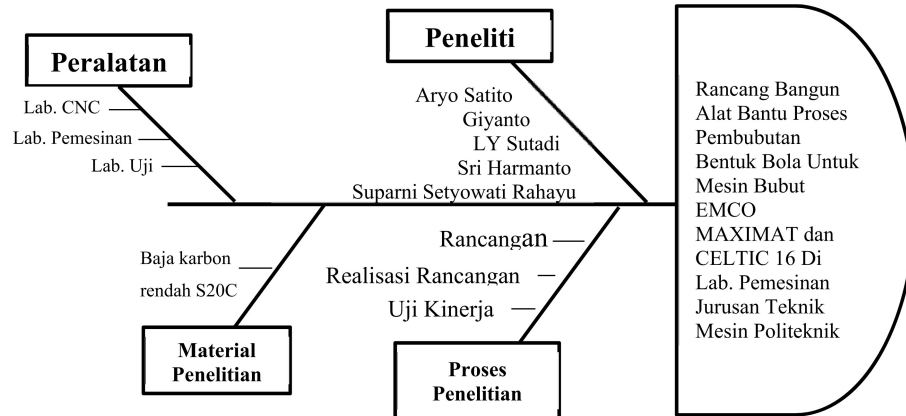
Road map atau peta jalan penelitian ini ditujukan untuk menentukan langkah-langkah penelitian agar tujuan awal penelitian, yaitu merancang bangun alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 Di Lab. Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang dapat terlaksana. Secara skematis, road map penelitian dapat dilihat pada diagram berikut



Gambar Peta jalan penelitian

Metode Penelitian

Pelaksanaan Penelitian Dalam Bentuk Diagram Ikhikawa



Gambar Diagram Ishikawa penelitian

Langkah Penelitian

- Melakukan survei peralatan mekanisme di CV. Slamet Sumbing Semarang
- Melakukan survey peralatan penunjang rancangbangun di Semarang
- Merancang alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 Di Lab. Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
- Merancang sistem mekanisme peralatan.
- Realisasi rancangan alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 Di Lab. Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
- Uji coba kinerja dan hasil prototype mesin
- Penyusunan makalah dan laporan akhir.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Baja karbon rendah S20C
- Pahat bubut karbida

Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Polines - 2019

Peralatan

- a. Peralatan pemesinan (mis: mesin bubut, frais, gerinda, las, dll)
- b. Mesin *hobbing* pembuat profil roda gigi

Lokasi Penelitian

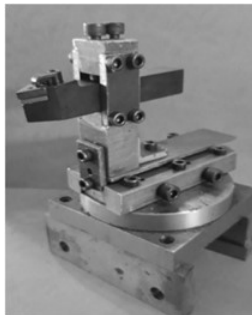
Lokasi penelitian adalah di Lab Pemesinan Politeknik Negeri Semarang

Variable Penelitian

Variabel kelonggaran suaian, dan kehalusan permukaan peralatan akan sangat berpengaruh pada hasil kinerja peralatan bantu pembubutan bentuk bola.

Luaran Penelitian

Luaran penelitian adalah berupa prototipe alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 yang akan digunakan Di Lab. Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.



Gambar Prototipe alat bantu pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16

Langkah Percobaan

Langkah-langkah percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pasangkan unit alat bantu pembubutan bentuk bola pada mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16
- b. Pasang benda kerja pada pencekam benda kerja di kepala tetap mesin ubut
- c. Atur ketinggian senter pahat
- d. Hidupkan mesin bubut
- e. Lakukan pembubutan tahap demi tahap hingga ukuran bola tercapai.
- f. Lakukan analisa data dari semua hasil pengujian kekasaran spesimen.

Indikator Capaian

Indikator capaian dari penelitian ini adalah toleransi / penyimpangan ukuran $\pm 0,1$ mm dengan kekasaran (Ra) N8 sesuai standar ISO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyempurnakan Rancangan Peralatan penelitian

Selanjutnya rancangan peralatan penelitian berupa 1 (satu) unit perangkat alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16 yang akan digunakan untuk memperkaya materi praktik pembubutan dilakukan penyempurnaan. Titik berat penyempurnaan terutama adalah tataletak perangkat mekanisme perubah gerak linear menjadi gerak putar agar perangkat ini dapat digerakkan secara otomatis dengan memanfaatkan gerak otomatis eretan lintang yang sudah ada pada mesin bubut. Perangkat mekanisme ini dibuat dengan susunan yang lebih ringkas. Hasil penyempurnaan rancangan seperti pada gambar berikut.



Gambar Penyempurnaan rancangan perangkat alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16

Demikian juga dengan komponen peralatan penelitian yang lain juga mengalami penyempurnaan rancangan.

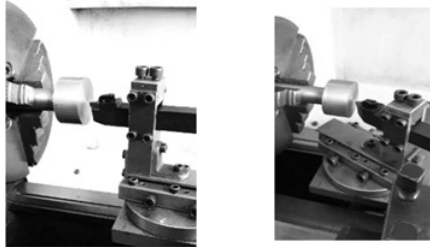
Cara kerja perangkat alat bantu proses pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO MAXIMAT dan CELTIC 16

Berikut adalah urutan penggunaan dan cara kerja perangkat alat bantu :

1. Ukur ketinggian pahat bubut jenis netral pada ketinggian senter benda kerja.
2. Ukur posisi pahat bubut pada diameter maksimum benda kerja.

**Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat
Polines - 2019**

3. Geser posisi perangkat pada posisi terluar benda kerja.



Gambar Pengaturan ketinggian pahat bubut

4. Hidupkan mesin bubut dengan putaran mesin sesuai dengan dengan. diameter benda kerja.
5. Geser kedudukan pahat bubut maju.
6. Lakukan pembubutan secara manual atau otomatis.
7. Lakukan terus menerus hingga benda kerja terbentuk sesuai ukuran yang dikehendaki.



Gambar 5. 1 Pembubutan bentuk bola yang sudah diselesaikan

5.2 Pengujian Kinerja Perangkat Alat Bantu Proses Pembubutan

Hasil kinerja perangkat yang akan dikaji adalah :

1. Kekasaran permukaan hasil pembubutan
2. Silindrisitas benda kerja hasil pembubutan
3. Penyimpangan ukuran yang dicapai.

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah :

1. Dial indikator dengan ketelitian 0,001 mm
2. Pemegang dial indikator
3. Micrometer
4. V block set
5. Meja kerataan
6. Jangka sorong

Sedangkan parameter pengujian yang digunakan adalah :

1. Putaran benda kerja
2. Kecepatan insut pahat

Tabel Daftar putaran mesin bubut CELTIC

Posisi tuas		Posisi tuas A	Posisi Tuas B
4	R	1000 rpm	160 rpm
3	R	725 rpm	118 rpm
4	S	515 rpm	85 rpm
2	R	460 rpm	75 rpm
3	S	370 rpm	60 rpm
1	R	290 rpm	45 rpm
2	S	235 rpm	35 rpm
2	S	145 rpm	24 rpm

Tabel Daftar kecepatan insut pahat pada mesin bubut CELTIC dalam (mm/putaran)

Kuadran rangkaian roda gigi	Posisi tuas	Posisi Tuas					
		C			BD		
		E	F	G	E	F	G
K	6	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
	2	0,06	0,11	0,23	0,45	0,9	1,8
	3	0,07	0,13	0,25	0,5	1	2
I	5	0,08	0,16	0,32	0,65	1,3	2,5
	4	0,09	0,18	0,35	0,7	1,4	2,8

Tabel Hasil pengujian kinerja perangkat alat bantu proses pembubutan

No.	Ø benda kerja (mm)	Putaran (rpm)	Kec. insut (mm/put)	Rata-rata kekasaran (Ra , µm)	Rata-rata penyimpangan silindrisitas (mm)	Rata-rata penyimpangan ukuran (mm)
1	25	1000	0,05	4	0,004	0,04
2	40	800	0,08	6	0,006	0,04
3	50	600	0,09	6	0,006	0,06
4	60	500	0,1	8	0,008	0,08
5	80	400	0,16	8	0,008	0,1

Dari hasil rata-rata pengujian kinerja perangkat alat bantu pembubutan bentuk bola untuk mesin bubut EMCO Maximat V13 dan mesin bubut CELTIC 16 dapat dilihat bahwa kinerja perangkat alat bantu untuk kekasaran dengan nilai antara 4 µm sampai dengan 8 µm adalah setara dengan N8 dalam tingkat kekasaran standar ISO 25178. Sedangkan untuk penyimpangan silindrisitas maksimum 0,008 mm dapat dinyatakan sebagai penyimpangan yang masih dibawah ketentuan nilai penyimpangan silindrisitas yang biasa dihasilkan oleh mesin bubut. Dan untuk penyimpangan ukuran sebesar 0,04 mm sampai dengan 0,1 mm adalah sesuai dengan toleransi ukuran pada metode pemesinan bubut yang sebesar $\pm 0,1$ mm.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirangkum dalam penelitian ini adalah :

1. Kualitas benda kerja berbentuk bola yang dikerjakan dengan menggunakan perangkat alat bantu pembubutan bentuk bola dapat ditingkatkan, terutama dalam hal bentuk dan kehalusan.
2. Apabila selama ini proses pembubutan bentuk bola dilakukan secara manual dengan tingkat keterampilan yang tinggi dari operator mesin bubut, maka dengan menggunakan perangkat alat bantu ini dapat dilakukan secara lebih mudah. Hal ini disebabkan operator mesin bubut tidak perlu lagi menggerakkan kedua tangannya secara serempak dalam arah yang berlawanan.
3. Mekanisme penggerak perangkat alat bantu pembubutan bentuk bola dapat bekerja dengan baik seperti yang terlihat pada hasil pengujian silindrisitas, dan penyimpangan ukuran yang dicapai.
4. Bila dibandingkan dari segi capaian tingkat kehalusan hasil pembubutan bentuk bola dengan menggunakan perangkat alat bantu dan secara manual, maka kualitas kehalusan permukaan hasil pembubutan dengan menggunakan perangkat alat bantu mencapai tingkat N8 sesuai standar ISO 25178, yaitu standar kekasaran permukaan hasil metode perautan bubut, frais, dan skrap.

PENGHARGAAN DAN UCAPAN TERIMAKASIH

Tim pelaksana program Penelitian Terapan Pratama 2019 menghaturkan penghargaan dan terimakasih kepada :

1. Politeknik Negeri Semarang yang telah mendanai kegiatan ini.
2. Ir. Supriyadi selaku Direktur Politeknik Negeri Semarang
3. Dr. Ir. Tedjo Mulyono, MT selaku Kepala P3M Politeknik Negeri Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Groover, M.P.; 2002 “*Fundamentals of Modern Manufacturing 2/ed*”. John Wiley & Sons, Inc. NYSE, USA.
- Woodbury, Robert S, 1961, “*History of the Lathe to 1850*”. Cleveland, Ohio: Society for the History of Technology. [ISBN 978-0-262-73004-4](#).
- Singh, Parvinder; A.S. Channi, 2016, “*A Review on the Influence of Input Parameter in Turning Process*”. International Journal Of Emerging Trends in Research. ISSN No.: 2455-6130, Vol.1, Issue 2, pp. 35-41.
- Kumar, G.J. Pavan.; R Lalitha Narayan, 2015, “*Prediction of Surface Roughness in Turning Process Using Soft Computing Techniques*”. International Journal Of Mechanical Engineering and Robotics Research. ISSN 2278-0149. Vol. 4, No. 1.
- Su, Yuliang.; Xuening Chu.; Zaifang Zhang; Dongping Chen, 2015. “*Process planing optimmizing on turning machine tool using a hybrid genetic algorithm e=with local search approach*”. Journal of Advances in Mechanical Engineering I-14, SAGE Publishing, DOI 10.1177/1687814015581241.
- Morishige, Koichi.; Miharuru Nakada, 2016, “*Development of turning machine operation interface that uses Haptic device (application to complicated by special byte)*”. ScienceDirect Procedia CIRP 57 pp. 649-852.
- Thang, Nguyen Duc, 2014, “*Mechanical Mechanisms*”. Feng Chia University, Taiwan.