

## STUDI EKSPERIMEN PENAMBAHAN TEMPERATUR PROSES *HOT TURNING* MENGGUNAKAN BAJA AISI 4140 TERHADAP KEKASARAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN

**Fajar Jauhari**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [fajarjauhari@mhs.unesa.ac.id](mailto:fajarjauhari@mhs.unesa.ac.id)

**Akhmad Hafizh Ainur Rasyid**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [akhmadrasyid@unesa.ac.id](mailto:akhmadrasyid@unesa.ac.id)

### Abstrak

*Hot turning* adalah metode pemesinan yang dilakukan pada peralatan mesin konvensional di mana benda kerja dipanaskan sebelum operasi pemotongan dilakukan dan dengan demikian mengurangi kekuatan gesernya. Pelunakan benda kerja adalah metode yang lebih efektif daripada memperkuat alat pemotong dalam mesin konvensional. Dampak dari proses penambahan temperatur juga akan mempengaruhi sifat material, bahwa fase atau struktur dari logam berubah dengan kenaikan temperatur yang dengan sendirinya mempunyai konsekuensi terhadap sifat-sifat mekanisnya seperti : tarik, tekan, geser, puntir, lengkung dan tekuk, termasuk juga kekerasan pada material. Proses *hot turning* dilakukan pada temperatur 300-320°C menggunakan AISI 4140 dengan kekerasan 44 HRC. Hasil pengujian kekasaran permukaan menunjukkan bahwa proses *hot turning* menghasilkan penurunan kekasaran dari teoritisnya yaitu 3,401  $\mu\text{m}$ . Hasil pengujian kekerasan permukaan terlihat bahwa proses *hot turning* menghasilkan penurunan kekerasan sebesar 42,4 HRC.

**Kata kunci** : *Hot Turning*, Baja AISI 4140, Kekasaran Permukaan dan Kekerasan Permukaan.

### Abstract

*Hot turning* is a machining method carried out on conventional machine tools where the workpiece is heated before the cutting operation is carried out and thus reduces its shear strength. Softening workpieces is a more effective method than strengthening cutting tools in conventional machines. The impact of the process of adding temperature will also affect material properties, that the phase or structure of the metal changes with increasing temperature which in itself has consequences for mechanical properties such as: tensile, pressing, shearing, twisting, bending and bending, including hardness in the material. The hot turning process is carried out at temperatures of 300-320 ° C using AISI 4140 with a hardness of 44 HRC. The results of surface roughness testing showed that the hot turning process resulted in a decrease in roughness from the theoretical level of 3.401  $\mu\text{m}$ . The results of the surface hardness test showed that the hot turning process resulted in a decrease in hardness of 42.4 HRC.

**Keywords** : *Hot Turning*, AISI 4140 Steel, Surface Roughness and Surface Hardness..

### PENDAHULUAN

kualitas pemotongan dan peningkatan produk merupakan langkah yang perlu diambil dalam dunia yang semakin kompetitif, di mana ada kebutuhan untuk memperkirakan secara kuantitatif kinerja teknologi operasi pemesinan seperti umur pahat, kekuatan, daya dan permukaan akhir. (Swayatt Behera, 2013) untuk mendapatkan permukaan yang baik, Baru-baru ini industri manufaktur telah mencoba untuk mengurangi biaya operasi sambil meningkatkan kualitas. Di bidang manufaktur bekerja dengan material yang memiliki kekuatan tinggi, ketahanan korosi, ketangguhan, dan ketahanan aus dalam mesin konvensional. minat yang berkembang dalam proses kerja panas sedang dikembangkan di industri. Proses kerja panas pada pembubutan disebut *hot turning*,

Dalam metode ini, benda kerja diperlunak dengan pemanasan dan akibatnya gaya pemotongan berkurang.

*Hot turning* adalah metode pemesinan yang dilakukan pada peralatan mesin konvensional di mana benda kerja dipanaskan sebelum operasi pemotongan dilakukan dan dengan demikian mengurangi kekuatan gesernya. (Swayatt Behera, 2013) Pelunakan benda kerja adalah metode yang lebih efektif daripada memperkuat alat pemotong dalam mesin konvensional.

Sistem pemanas yang digunakan saat proses *hot turning* adalah campuran *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dan gas oksigen yang disemprotkan melalui *torch*. Studi eksperimen tentang proses *hot turning* menggunakan LPG dengan campuran gas oksigen pernah dilakukan oleh (S. Ranganathan, dkk. 2010) menyajikan hasil kekasaran permukaan dari efek pemintalan panas (dengan

campuran gas petroleum cair & gas oksigen) dalam baja tahan karat (316) di bawah kondisi pemotongan yang berbeda dengan kisaran temperatur 200 ° C hingga 600 ° C. dari studi yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa tingkat kekasaran dipengaruhi oleh besar temperatur. kekasaran permukaan memegang peranan penting pada kualitas produk dan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengevaluasi dari hasil proses keakurasian permesinan (Petropoulos dkk, 2009), maka penambahan temperatur sangat perlu diperhatikan pada proses *hot turning*, sehingga bisa mendapat hasil benda kerja dengan tingkat kekasaran permukaan yang rendah..

Dampak dari proses penambahan temperatur juga akan mempengaruhi sifat material. Para ahli mengatakan bahwa fase atau struktur dari logam berubah dengan kenaikan temperatur yang dengan sendirinya mempunyai konsekuensi terhadap sifat-sifat mekanisnya seperti : tarik, tekan, geser, puntir, lengkung dan tekuk, termasuk juga kekerasan pada material. (Lagiyono dkk. 2011) Pada proses perlakuan suhu pada baja karbon sedang, akan dihasilkan perubahan butir dan sifat mekanik materialnya. Hubungan antara kemampuan logam, maka bisa dimengerti bahwa akibat suhu ini bisa mengubah modulus elastisitas dari logam akan menurun.

Berdasarkan hal-hal yang disampaikan diatas. Penelitian dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap kekasaran permukaan dan kekerasan pada proses *hot turning* menggunakan material AISI 4140 dengan kekerasan 44 HRC, baja ini sering diaplikasikan poros dan *crankshaft*. jenis pahat yang digunakan yaitu carbide tipe *insert*, dan sistem pemanas yang digunakan yaitu campuran *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dan gas oksigen disemprotkan melalui brander las. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil benda kerja yang bagus, terutama kekasaran permukaan dan sifat material yaitu kekerasan. Kekerasan akan menentukan material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas. Untuk menunjang hasil uji kekerasan tersebut, biasanya dibutuhkan pengujian lain, salah satunya adalah dengan menggunakan pengujian struktur mikro. Agar data yang didapat pada uji kekerasan dapat dibandingkan dengan pengujian struktur mikro.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak spesimen *hot turning* terhadap tingkat kekasaran permukaan dan nilai kekerasan permukaan. Proses *hot turning* dilakukan pada bahan AISI 4140 dengan penambahan temperatur menggunakan LPG *heating system*.

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### • Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di Bengkel Mesin bengkel bubut CV. SUMBER AYEM Jawa Timur, Sidoarjo untuk proses pemotongan spesimen dan *hot turning*.

pengujian kekasaran permukaan dilakukan di Lab Teknik Manufaktur UBAYA. Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan di Lab Pengujian Bahan UNESA.

#### • Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – November 2018.

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

#### • Variabel terikat:

- Kekasaran permukaan
- Kekerasan

#### • Variabel bebas:

- temperatur *hot turning* 300-320°C

#### • Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- Pahat menggunakan carbide *tool insert* CNMG B10.
- Proses pemanasan menggunakan campuran gas LPG dan oksigen.
- Putaran spindle 580 rpm.
- Kedalaman pemakanan 0,5 mm.
- Uji kekerasan menggunakan alat uji standart ASTM E-18.
- Uji kekerasan menggunakan spesimen potongan bagian ujung poros AISI 4140 dengan diameter 21 mm, tebal 30 mm.

### Prosedur Penelitian

#### • Persiapan Alat & Bahan.

#### • Proses *Hot Turning*

Langkah-langkah untuk melakukan proses *hot turning* adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.



Gambar 1. Spesimen *Hot Turning* AISI 4140

#### Spesifikasi Spesimen :

Dimensi :  $\Phi$  22 mm x 150 mm.

Jumlah : 15 spesimen

- Benda kerja diletakkan pada *chuck*.
- Cek kelurusan sumbu putar benda terhadap sumbu putar mesin.

- Mengatur skala pemotongan diameter pada eretan melintang.
- Mengatur skala pemotongan panjang benda kerja pada eretan memanjang.
- *LPG Heating System* yang terletak di dekat *toolpost* dinyalakan dan didekatkan pada permukaan benda kerja untuk memanaskan permukaan sampai *range* temperatur yang diinginkan.
- Agar api tidak mengenai pahat, *torc* bergerak sejajar sumbu utama dan diarahkan pada daerah permukaan benda kerja yang akan di bubut.
- Bubut benda kerja sepanjang 30 mm, Dinginkan secara cepat saat benda kerja sesudah di bubut.
- Uji kekasaran permukaan
  - Benda uji diletakkan pada meja datar.
  - Pengujian ini menggunakan alat *Surface Roughness Tester* yaitu mitutoyo SJ 201 dan Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average (Ra)*.
  - goreskan dial sepanjang 30 mm pada permukaan benda kerja.
  - Setelah digoreskan, nilai kekasaran permukaan akan tercatat, dan dapat dilihat dalam bentuk *print out*.
  - Sebelum dilakukan pengukuran, benda uji dan alat ukur telah diatur sehingga sedapat mungkin tidak terdapat kesalahan dalam pengukuran.
  - Lakukan pada setiap spesimen yang sudah ditambahkan temperatur dan sudah diproses *hot turning*
- Uji Kekerasan *Rockwell*  
 Pengujian kekerasan mengacu dengan standar pengujian kekerasan *rockwell* dengan total pembebanan 150 kgf, langkah-langkah pengujian :
  - Persiapan spesimen uji



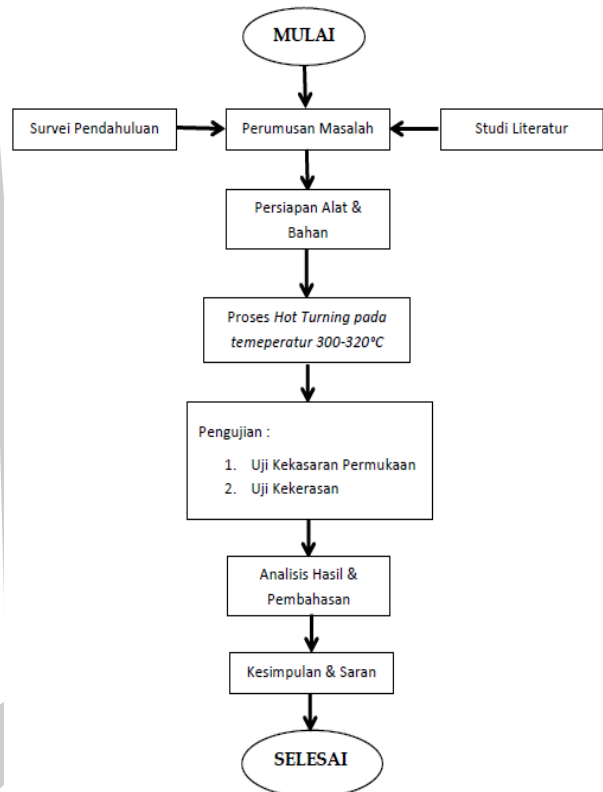
Gambar 2. Spesimen Uji Kekerasan

- Pasang indenter pada mesin lalu nyalakan mesin
- Letakkan spesimen uji pada mesin
- Tentukan titik penetrasi dan seting beban
- Tekan tombol start untuk memulai pengujian

#### Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
  - Mesin Bubut
  - *Brander Las*
  - pahat *insert CNMG B10*

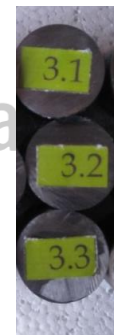
- Tabung Gas LPG 12 KG
- Tabung Oksigen
- Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah baja AISI 4140
- Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:
  - Thermometer Laser **Krisbow KW06-656**
  - Alat uji Kekasaran **Mitutoyo SJ 201**
  - Alat uji kekerasan **Rockwell Model 574 T**
- *Flowchart* Penelitian



Gambar 3. *Flowchart* Proses Penelitian

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

- Hasil Spesimen



Gambar 4. spesimen *hot turning*

Spesifikasi Spesimen :

Dimensi :  $\Phi$  22 mm x 30 mm.

Jumlah : 15 spesimen

- Hasil Uji Kekasaran Permukaan



Perhitungan aritme Rata-rata Aritmetik (Ra) dari Garis Rata-rata Profil:

Diketahui : Sudut kemiringan Pahat : 80°  
Kecepatan potong : 0,08mm/rev  
Kedalaman pemakanan : 0,5 mm  
Panjang pembubutan : 1,44 mm

Tanya : Ra ( $\mu\text{m}$ )?

Jawab :  $h = \frac{\text{panjang pembubutan}}{\text{Feedrate}} = \frac{1,44 \text{ mm}}{0,08 \text{ mm/rev}} =$

18 lembah

$$Ra = \frac{0,01 \text{ mm} \times 18}{18} = 0,01 \text{ mm} \times \frac{1000 \mu\text{m}}{1 \text{ mm}} = 10 \mu\text{m}$$

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *hot turning* terhadap kekasaran permukaan baja AISI 4140. Penambahan temperatur yang digunakan saat sebelum proses *hot turning* berbahan LPG dan oksigen yang disemprotkan melalui *blander*. temperatur proses pembubutan 300-320°C dengan pendinginan cepat secara dicelup air.

Pada proses pengujian kekasaran permukaan diketahui bahwa banyak yang mempengaruhi hasil kekasaran seperti kedalaman pemotongan, kecepatan potong, RPM, dan sudut pahat, termasuk juga penambahan temperatur pada proses *hot turning*. Dilihat dari hasil pengujian kekasaran bahwa proses *hot turning* akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah. Dikarenakan panas akan menurunkan kekerasan atau melunakkan benda kerja, sehingga benda kerja mudah dimesin dan mengurangi gaya potong pada proses pembubutan. Pada pengujian kekasaran dapat disimpulkan tingkat kekasaran yang dihasilkan pada proses *hot turning* lebih rendah dari nilai teoritisnya. Dihitung dari hasil teoritisnya, kekasaran pada temperatur 300-320°C menjadi 3,401 atau menurun sebesar 65,99% dari kekasaran teoritisnya.

#### • Hasil Uji Kekerasan

*Hot turning* bertujuan untuk melunakkan benda kerja agar mudah dimesin dan memperkecil gaya potong saat pembubutan berlangsung. Sifat mekanik baja dipengaruhi oleh komposisi kimia dan struktur mikro yang dihasilkan oleh perlakuan panas. Penelitian ini menggunakan benda kerja dengan komposisi kimia yang sama.

Spesimen yang dipanaskan dan *Diquench* mengalami penurunan kekerasan. Nilai kekerasan pada temperatur 300-320°C sebesar 42,4 HRC atau mengalami penurunan sebesar 3,63% dari kekerasan awal. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian dari Darmawi dan M. Amin Indra Putra “malakukan penelitian perbedaan Kekerasan dan Ketangguhan Baja HQ 705 Bila *Diquench* dan Ditemper Pada Media Es, Air dan Oli, pada penelitian baja dikeraskan setelah itu diproses tempering (550°C) dan didinginkan menggunakan media Es, Air, Dan oli. Diketahui bahwa kekerasannya menurun meskipun *diquenching* dibuktikan dengan hasil kekerasan baja paduan *diquench* pada media air berkisar antara (46-53,5)

HRC setelah ditemper dengan media air menurun menjadi (37-42) HRC.

– Hasil foto struktur mikro (metalografi)

Hasil perbedaan foto struktur mikro tanpa perlakuan dan pada temperatur 300-320°C dengan perbesaran 200x ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. struktur mikro Baja AISI 4140 tanpa perlakuan



Gambar 5. struktur mikro pada temperatur 300-320°C

Dalam menganalisa material selain melakukan uji untuk mengetahui perubahan nilai sifat material perlu juga dilakukan pengujian struktural yaitu pengujian struktur mikro untuk mengetahui perubahan butir pada baja AISI 4140.

Pada gambar 5, terlihat perubahan struktur mikro didominasi dengan warna terang, bahwa warna terang tersebut berindikasi menyerupai fasa ferit, fasa ini mempunyai sifat yang lunak. sesuai dengan hasil, uji kekerasan sebesar 42,4 HRC atau mengalami penurunan 3,63%.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan yaitu tentang studi eksperimen pengaruh penambahan variasi temperatur pada proses *hot turning* menggunakan baja AISI 4140 terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan ini didapat simpulan sebagai berikut :

- Hasil pengujian kekasaran permukaan menunjukkan nilai yang dihasilkan pada proses *hot turning* lebih halus dari pada nilai teoritisnya, Yaitu sebesar 3,401 atau menurun sebesar 65,99%. dari kekasaran teoritisnya.

- Hasil pengujian kekerasan menunjukkan Terjadi penurunan kekerasan permukaan AISI 4140 jika menggunakan proses hot turning sebesar 42,4 HRC pada temperatur 300-320°C

#### Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Cek v-belt pada mesin bubut sebelum proses pemanasan dilakukan.
- Pemberian temperatur pemanasan harus merata agar hasil kekasaran maupun kekerasan merata.
- Perlu adanya studi lebih lanjut dibawah dan diatas suhu 300°C untuk mengetahui perubahan pada tingkat kekasaran permukaan dan kekerasan benda kerja.
- Bersihkan dulu benda kerja dari karat sebelum proses *hot turning* dilakukan, agar proses penambahan temperatur bisa efektif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Arifin dan Nurdjito 2015. *Hand out* pemesinan (<https://www.scribd.com/document/365441524/Hand-Out-Pemesinan-Bubut-Print>, diakses pada 23 Januari 2018 pukul 19.39).
- A.K. Parida dan K.P. Maity. 2016. *Optimization of multi-responses in hot turning of Inconel 625 alloy using DEA-Taguchi approach* (<http://sci-hub.tw/10.1080/10426914.2010.489789>, diakses pada 5 Februari 2018 pukul 08.00).
- A.K. Parida dan K.P. Maity. 2016. *Optimization in hot turning of Nickel based alloy using desirability function analysis* (<https://sci-hub.tw/10.1016/j.jare.2016.05.004>, diakses pada 3 maret 2018 pukul 17.00)
- Ardian Susarno. 2012. Studi Pengaruh Sudut Potong Pahat HSS Pada Proses Bubut Dengan Tipe Pemotongan Orthogonal Terhadap Kekasaran Permukaan (<https://www.scribd.com/document/.../107-211-1-SM-pdf>, diakses pada 2 maret 2018 pukul 13.59)
- David LeRoy Olson, Ted Anderson, Roger J. Austin, John F. Breedis. Stephen J. Burden. 1991. ASM Handbook, Volume 4, United States of America
- G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H. 1999. *Handbook Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*, Pradnya Paramita. Jakarta
- Lagiyono, dkk. 2015. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang St 60 (<https://www.scribd.com/document/.../107-211-1-SM-pdf>, diakses pada 2 Februari 2018 pukul 13.59)
- Mohammad Baihaqi. 2016. Pengaruh Variasi Kecepatan Potong, Laju Pemakanan Dan Kedalaman Pemakanan Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja St 37 (<http://mashaqi10.blogspot.com/2016/10/pengaruh-kekasaran-proses-pembubutan.html>, diakses pada tanggal 3 maret pukul 17.51)
- Petropoulos, G., Kechagias, J., Akis, V.I., dan Maropoulos, S. 2009. *Surface Roughness Investigation of a Reinforced Polymer Composite. International Conference on Economic Engineering and Manufacturing Systems.*
- Ragathan, dkk. 2010. *Evaluation of Machining Parameters of Hot Turning of Stainless Steel (Type 316) by Applying ANN and RSM* (<http://sci-hub.tw/10.1080/10426914.2010.489790>, diakses pada 2 Februari pukul 17.41)
- Rochim, T., 1993. Teori dan Teknologi Proses Pemesinan. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- R. Edy Purwanto, dkk. 2016. *Perlakuan Bahan*, Edisi pertama. Malang. Polinema Press
- Swayatt Behera. 2013. *Finite Element Modelling and Analysis of Hot Turning Operation* ([cdn2.hubspot.net/hub/139128/.../behera\\_syahwat\\_hot\\_turning.pdf](cdn2.hubspot.net/hub/139128/.../behera_syahwat_hot_turning.pdf), diakses pada 3 Februari 2018 pukul 07.54)
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif & RND. Bandung. AFABETA. CV.
- Sugiyono. 2015. Statistika Untuk Penelitian. Bandung. AFABETA. CV.
- Suhadi Rudin Prasetyo. 2018. Optimasi Putaran Spindel, Gerak Makan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Hasil Bubut Material ST 42 ([http://simki.unpkediri.ac.id/mahasiswa/file\\_artike/2018/6bfc23ee4af8c72403254e511c88d6a0.pdf](http://simki.unpkediri.ac.id/mahasiswa/file_artike/2018/6bfc23ee4af8c72403254e511c88d6a0.pdf), diakses pada 2 maret 2018 pukul 14.50).
- Susri Mizhar dan Suherman. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dari Baja Aisi 4140 (<https://www.e-jurnal.com/2014/08/pengaruh-perbedaan-kondisi-tempering.html>, diakses pada 2 maret 2018 pukul 15.24)
- S.K. Choudhury, dkk. 2014. *Machinability Assessment through Experimental Investigation during Hard and Soft Turning of Hardened Steel* (<https://sci-hub.tw/10.1016/j.mspro.2014.07.010>, diakses pada 2 maret 2018 pukul 15.14)
- Wahyu Makhmud Sueb; Eka Yogaswara; Darso; Menggambar Bagan Mesin Secara Terperinci; Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, 2004.

Menengah Departemen Pendidikan Nasional,  
2004Wikipedia. 2017. Pengertian Mesin Bubut  
([https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin\\_bubut](https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_bubut),  
diakses 2 maret 2018 pukul 19.00).

