

Analisis Kedalaman Pemotongan Terhadap Distribusi Gaya Pemotongan Pada Bed Mesin Bubut

Risa Bernadip Umar¹, Ramli²

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia, Indonesia
risaumar16@gmail.com, ramlistmt1970@gmail.com

Kata Kunci:

Gaya pemotongan, Momen torsi, Mesin bubut, Bed mesin, Kedalaman pemotongan, Putaran mesin, Pembubutan baja karbon rendah

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya gaya pemotongan, menjabarkan dan menentukan besarnya gaya-gaya reaksi pada dasar (bed) mesin bubut serta mencari hubungan antara kedalaman pemotongan, gaya-gaya reaksi pada bed mesin akibat distribusi gaya pemotongan dalam proses pembubutan. Penelitian dilakukan dengan membubut batang besi beton (baja karbon rendah) berdiameter 25 mm. Dan proses pembubutan yang dilakukan adalah memvariasikan kedalaman pemotongan yaitu dari 0,125 mm sampai 0,625 mm (dengan selang 0,125mm), dengan variasi putaran 85, 180, 540 dan 800 ppm, serta dengan gerak makan 0.1 mm/putaran dan 0,2 mm/putaran. Penjabaran distribusi gaya pemotongan pada bed mesin memberikan hasil berupa gaya-gaya reaksi dan momen torsi. Hasil penelitian yang diperoleh adalah semakin meningkat kedalaman pemotongan akan semakin meningkat gaya pemotongan, dan dengan meningkatnya gaya pemotongan akan meningkat pula gaya-gaya reaksi dan momen torsi pada dasar (bed) mesin akibat distribusi gaya pemotongan. Besarnya komponen-komponen gaya pemotongan adalah komponen gaya tangensial = 72-81%, gaya longitudinal (aksial) = 55-60%, dan gaya radial = 27-31% dari besarnya gaya pemotongan. Gaya reaksi yang terjadi pada bed mesin adalah gaya yang bekerja sepanjang bed yang besarnya sama dengan komponen gaya longitudinal (aksial), gaya reaksi yang bekerja pada bagian tengah bed (dalam arah kebawah), momen torsi pada kedua ujung bed yaitu dibawah kepala tetap dan kepala lepas (searah putaran jarum jam). Hasil akhir memperlihatkan bahwa momen torsi adalah yang paling besar pengaruhnya terhadap keamanan konstruksi bed mesin.

Abstract

This study aims to determine the magnitude of cutting forces, describe and identify the reaction forces on the base (bed) of a lathe machine, and to find the relationship between depth of cut and the reaction forces on the machine bed resulting from the distribution of cutting forces during the turning process. The experiment was carried out by turning a concrete iron rod (low carbon steel) with a diameter of 25 mm. The turning process was conducted by varying the depth of cut from 0.125 mm to 0.625 mm (with 0.125 mm intervals), spindle speeds of 85, 180, 540, and 800 rpm, and feed rates of 0.1 mm/rev and 0.2 mm/rev. The analysis of the cutting force distribution on the machine bed resulted in the identification of reaction forces and torque moments. The results show that an increase in cutting depth leads to an increase in cutting force, which in turn increases the reaction forces and torque moments on the bed of the machine due to the distribution of cutting forces. The components of the cutting force are as follows: tangential force = 72–81%, longitudinal (axial) force = 55–60%, and radial force = 27–31% of the total cutting force. The reaction forces acting on the machine bed include forces distributed along the bed, which are equivalent to the longitudinal (axial) force component, and downward forces acting on the middle part of the bed. Torque moments occur at both ends of the bed, specifically under the headstock and tailstock (in the clockwise direction). The final results indicate that torque moments have the most significant impact on the structural safety of the machine bed. The magnitude of the reaction force at the center

Key Word:

Cutting force, Torque moment, Lathe machine, Machine bed, Depth of cut, Spindle speed, Low carbon steel.

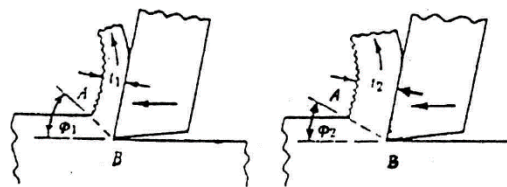
Copyright © xxxx

This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Proses pemotongan logam pada mesin bubut adalah akibat dari gerak potong yang dilakukan oleh benda kerja dan gerak makan oleh pahat potong. (Katjo & Sialana, n.d.) Proses ini menghasilkan geram (chips) dari bagian benda kerja yang terlepas pada saat pemotongan. (Henry Carles & Muhammad Yusuf, 2019) Perkakas potong (pahat) yang melepaskan geram merupakan bagian yang sangat penting dalam proses pemotongan. Pemilihan perkakas potong, kecepatan dan hantaran yang sesuai sangat mempengaruhi efisiensi dari proses pemotongan. (Mudmainah et al., 2023) Perkakas potong ini beraneka ragam bentuk dan kegunaannya, akan tetapi pada dasarnya dikelompokkan atas, pahat mata potong tunggal (single-point cutting tool) dan pahat mata potong jamak (multi-point cutting tool). Pahat yang digunakan pada mesin bubut adalah pahat mata potong tunggal. (Del Moral, 2020)

a. Proses Pembuatan Geram

Mekanisme terjadinya geram dapat dijelaskan sebagai berikut. Logam yang pada umumnya bersifat ulet apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari mata potong pahat. (Mazwan et al., 2024) Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis yang menggeser dan memutuskan material benda kerja di ujung pahat pada suatu bidang geser. (Dornfeld et al., n.d.) Skema pembentukan geram seperti diberikan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema pembentukan geram

Suatu analisa mekanisme pembentukan geram yang umum digunakan adalah yang dikemukakan oleh (Siswanto & Sunyoto, 2018). Teori ini menggunakan model pemotongan sistem tegak (orthogonal) dimana gaya dan komponennya hanya dianalisa pada satu bidang.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam penganalisaan model adalah : (1) mata potong pahat sangat tajam sehingga tidak menggosok atau menggaruk benda kerja, (2) deformasi hanya diadakan dalam dua dimensi, (3) distribusi tegangan yang merata pada tegangan geser, dan (4) gaya aksi dan reaksi dari pahat terhadap geram adalah sama besar dan segaris (tidak terjadi momen kopel). (Widya Prasetya & Boedi Wahjono, 2020)

Dengan menggunakan model pemotongan orthogonal maka gaya total dapat dipecah menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus. Tergantung dari cara pemisahan komponen diperoleh gaya—gaya sebagai berikut (Febriyansa et al., 2024) :

1. Berdasarkan proses deformasi material :

F_s = gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastis.

F_n = gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja.

2. Dengan menggunakan dynamometer :

F_v = gaya potong, searah dengan kecepatan potong.

F_f = gaya makan, searah dengan kecepatan makan.

3. Gaya yang bereaksi pada bidang geram :

F_γ = gaya gesek pada bidang geram

F_γ^n = gaya normal pada bidang geram

METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah, berbentuk batang bulat dengan diameter 0 25 mm

Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin bubut type Horrison M300, daya nominal 2,2 kw.
2. Dynamometer Model TSM-TM

Untuk mengukur gaya pemotongan, terdiri dari pemegang pahat dimana sebagian dari padanya merupakan komponen elastik dengan beberapa strain-gauge yang berfungsi sebagai elemen pendeteksi regangan. Karena adanya gaya pemotongan, elemen elastik menderita tegangan dan regangan yang timbul pada permukaan akan menimbulkan regangan pada strain gauge. Perubahan strain ini menyebabkan perubahan tahanan pada empat buah resistor (strain gauge) yang dihubungkan, membentuk jembatan Wheatstone yang akan menyebabkan ketidakseimbangan sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan voltase pada kedua titik keluaran.

3. Dynamic Strain Amplifiers Model 5381.

Untuk memperkuat beda tegangan yang timbul sehingga dapat dibaca oleh recorder atau alat pencatat. Besar tegangan masukan (input) disesuaikan dengan kepekaan (sensitivitas) dan dinamometer.

4. Recorder Pantos Model U-329.

Untuk mencatat tegangan keluaran dari setiap jembatan Wheatstone. Jumlah pena pencatat diasumsikan dengan jumlah komponen gaya yang diukur. Tegangan setiap saat dapat diketahui pada grafik yang dihasilkan (mV versus waktu) , sehingga gaya pemotongan dapat dihitung berdasarkan hasil kalibrasi kepekaan (N/mV).

5. Universal Tensile Test Machine type UPH, DIN 51221. Untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum bahan yang digunakan.

6. Pahat

Pahat yang digunakan adalah jenis pahat HSS dengan ukuran 5/8 x 6 inch dengan geometrinya adalah :

- | | |
|-----------------------------|-------|
| sudut potong utama | = 60° |
| sudut potong bantu | = 30° |
| sudut potong geram samping | = 10° |
| sudut potong geram belakang | = 15° |
| sudut bebas ujung | = 10° |

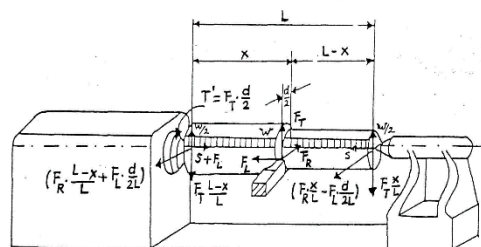
Pengolahan Data Dan Penjabaran Distribusi Gaya pemotongan Pada Bed Mesin.

1. Data pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\text{Kekuatan tarik maksimum} = \sigma_u = \frac{p}{A} \quad (\text{N/mm}^2)$$

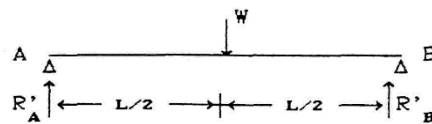
Dimana, P dan A, masing-masing adalah beban tarik maksimum (N) dan luas benda uji (mm²).

Penjabaran dilakukan seperti gambar 4 berikut ini :



Gambar Gaya-gaya reaksi

Gambar 4. Gaya-gaya reaksi pada tumpuan benda uji akibat berat benda kerja dan gaya F_T , F_L dan F_R Besarnya gaya-gaya reaksi pada tumpuan benda kerja katakanlah tumpuan A dan B diakibatkan oleh berat benda W, pembebanan awal (preload) S, gaya tangensial F_T , gaya radial F_R dan gaya aksial atau logitudinal F_L dijabarkan sebagai berikut, Akibat berat benda, W



$$R'_A = \frac{W}{2} \quad R'_B = \frac{W}{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan tarik untuk pengujian tarik diperoleh bahwa tegangan maksimum untuk benda uji adalah sebesar $\sigma_u = 45,8720 \text{ Kg/mm}$. Harga ini berada diantara 42-50 Kg/mm untuk baja 42 (St. 42), dan termasuk baja karbon rendah. Gaya pemotongan (diberi notasi R) terdiri atas komponen-komponen gaya tangensial (F_T) yang merupakan gaya pemotongan utama, gaya radial (F_R) adalah gaya tekan sepanjang pahat dan gaya longitudinal (F_L) atau gaya aksial adalah merupakan gaya gerak makan. Ketiga komponen gaya ini berada dalam sistem gaya tiga dimensi sehingga resultannya ditentukan berdasarkan sistem gaya tiga dimensi ($R^2 = F^2 + F^2 + F^2$). Dari hasil (Lampiran 4 dan 5) memperlihatkan bahwa dengan variasi kedalaman pemotongan untuk putaran dan gerak makan yang dibuat konstan, gaya pemotongan semakin meningkat. Makin besar kedalaman pemotongan akan semakin besar pula gaya pemotongan yang dihasilkan. Dan meningkatnya gaya pemotongan akan meningkat pula besarnya komponen-komponen gaya pemotongan. Menurut Muin (1989) besarnya persentase komponen-komponen gaya pemotongan adalah F_T sekitar 67%, F_L sekitar 27% dan F_R sekitar 6% dari gaya total. Setelah mempelajari hasil yang dikemukakannya ternyata yang dimaksud dengan gaya total disini adalah penjumlahan aljabar dari komponen gaya F_T , F_R , dan F_L yakni $F = F_T + F_R + F_L$ dan bukan gaya resultan R. Sedangkan hasil penelitian yang diperoleh bahwa komponen-komponen gaya pemotongan adalah $F_T \approx 47\%$, gaya longitudinal (aksial) $F \approx 35\%$ dan gaya radial $F_R \approx 18\%$ dari gaya pemotongan total atau $F_T = 72-81\%$, $F_L = 55-60\%$ dan $F_R = 27 - 31\%$ dari gaya pemotongan (gaya resultan R). Ternyata hasil F_T , F_R , dan F_L terhadap gaya total yang dikemukakan cukup besar perbedaannya. Perbedaan ini disebabkan oleh jenis mesin bubut dan peralatan pengukuran yang digunakan dalam pengujian. Disamping itu pula kemungkinan besar adalah perbedaan dalam penggunaan bahan pahat, dan kedudukan mata pahat serta material dari benda uji yang digunakan dalam proses pembubutan.

Selanjutnya menurut Nicholson (Koenigsberger, 1974) menyatakan bahwa selama proses pembubutan gaya pemotongan tidak konstan, melainkan berpulsasi. Hal ini dapat dilihat pada hasil yang diperoleh, dimana apabila hasil di plot dalam hubungan antara kedalaman pemotongan versus gaya pemotongan akan terdapat titik-titik yang tersebar tidak menentu. Ini adalah merupakan akibat dari elastisitas pahat, benda kerja dan mesin terhadap perubahan kedalaman pemotongan, sudut punggung efektif dari pahat, kecepatan relatif antara pahat dan benda kerja serta formasi geram.

Hasil penjabaran dari distribusi gaya pemotongan ke bed mesin adalah berupa gaya-gaya reaksi dan momen torsi. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa semakin meningkat kedalaman pemotongan dengan putaran konstan dan bervariasi. Demikian pula dengan gerak makan konstan dan bervariasi akan menghasilkan gaya pemotongan yang semakin meningkat pula. Dengan meningkatnya gaya pemotongan juga menyebabkan meningkatnya gaya-gaya reaksi dan momen torsi yang terjadi pada bed mesin bubut akibat distribusi gaya pemotongan tersebut. (dapat dilihat pada Lampiran 6 dan 7 atau Gambar 7, 8 dan 9). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kedalaman pemotongan sangat mempengaruhi besarnya gaya-gaya reaksi dan momen torsi pada bed mesin. Perlu diketahui bahwa gaya reaksi dapat merobek bed dan momen torsi dapat melengkungkan bed apabila bahan dari bed tidak dapat menahan pembebanan tersebut. Setelah diadakan evaluasi akhir dari gaya-gaya reaksi pada bed mesin (bagian I = bagian dibawah kepala tetap, bagian II = bagian tengah dan bagian

III = bagian dibawah kepala Iepas) ternyata ada gaya-gaya yang saling meniadakan dan ada gaya-gaya yang dapat dijumlahkan atau diperkurangkan, terkecuali adalah momen torsi. Dengan kondisi ini, hasil yang diperoleh adalah pada bagian I terdapat gaya ($F_L + S$) dan momen torsi T_I , pada bagian II ter dapat gaya reaksi R_w dan pada bagian III terdapat gaya S dan momen torsi T_{III} .

Gaya yang bekerja sepanjang bed adalah gaya ($F_L + S - S$) = F_L = komponen aksial. Jadi, gaya reaksi akibat distribusi gaya pemotongan pada bed mesin adalah gaya sepanjang bed sebesar F_L , gaya R_w pada bagian II (bagian tengah bed), momen torsi T_I dan T_{III} . Bila melihat arah gaya reaksi R_w dan T_I dan T_{III} (dalam arah kebawah) kemungkinan besar bed akan melendut dan melengkung ke arah bawah. Dari hasil memperlihatkan bahwa momen torsi adalah merupakan reaksi yang sangat besar pengaruhnya dibandingkan dengan gaya R_w dan F_L terhadap bed mesin (dapat dilihat pada Lampiran 8 dan 9). Besarnya gaya reaksi $R_w = 12-16,5\%$ dari gaya pemotongan, sedangkan momen torsi $T = C3. 2-4. OD$ kali gaya pemotongan dan momen torsi $T_{III} = 1,5-2,73$ kali gaya pemotongan. Jadi, untuk menghindari melengkungnya bed mesin diupayakan besarnya momen torsi yang terjadi sekecil mungkin. Setelah melihat hasil yang diperbleh ternyata kondisi ini hanya dapat dicapai pada putaran spindel 150 ppm sampai dengan 540 ppm.

KESIMPULAN

Semakin meningkat kedalaman pemotongan akan semakin meningkat gaya pemotongan Catau komponen-komponen gaya pemotongan F_T , F_R dan F_L , berarti meningkatnya distribusi gaya pemotongan, sehingga besarnya gaya reaksi dan momen torsi pada bed juga semakin meningkat. Dengan demikian kedalaman pemotongan sangat mempengaruhi besarnya gaya reaksi dan momen torsi pada bed mesin. Besarnya komponen-komponen gaya pemotongan dalam proses pembubutan satu terhadap lainnya berbeda, dimana besarnya gaya tangensial $F_T \approx 47\%$, gaya longitudinal (aksial) $F_L \approx 35\%$ dan gaya radial $F_R \approx 18\%$ dari gaya pemotongan total atau $F_T = 72-81\%$, $F_L = 55-60\%$ dan $F_R = 27 - 31\%$ dari gaya pemotongan (gaya resultan tiga dimensi). 3. Gaya reaksi yang terjadi pada bed mesin akibat distribusi gaya pemotongan adalah gaya F_L yang bekerja sepanjang bed, gaya reaksi pada bagian tengah bed (R_w) dan momen torsi pada kedua ujung bed. Pengaruh yang paling menonjol adalah momen torsi. Besarnya gaya reaksi dan momen torsi adalah gaya sepanjang bed = F_L , gaya reaksi $R_w = 12 - 16.5\%$ dari gaya pemotongan (gaya resultan), momen torsi $T_I = (3,2-4,0)$ kali gaya pemotongan dan momen torsi $T_{III} = (1,5-2,7)$ kali gaya pemotongan.

DAFTAR REFERENSI

- Del Moral, P. (2020). - Theory and applications. *Mean Field Simulation for Monte Carlo Integration*, 85–124. <https://doi.org/10.1201/b14924-7>
- Dornfeld, D. A., Dornfeld, D., Onsrud, H., & Simon, R. (n.d.). *Applications 4[^]*.
- Febriyansa, A., Kurniawan, Z., & Yudo, E. (2024). Analisis Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD11 Dengan Metode RSM. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), 208–214. <https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.137>
- Giese, T. (n.d.). *Following Are Pages From the Book Showing Its Content*.
- Groover, M. (2010). Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems. *John Wiley & Sons*, 493.
- Henry Carles, & Muhammad Yusuf. (2019). Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 10–16.
- Katjo, M. B., & Sialana, J. (n.d.). *Analisa Gaya Dan Efisiensi Pemotongan Pada Proses Pembubutan Tirus Menggunakan Pahat Karbida*. 25–38.
- Mazwan, Darma Utama, S., & Anita Fajardini, R. (2024). *Investigasi Gaya Potong, Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat Pada Proses Bubut Baja Menggunakan Teknik Pelumasan Minimum Quantity*

Lubrication (MQL) Berbasis Minyak Nabati. 26(2), 15–22.

- Mudmainah, P. H. W., Susanto, A., Ciptaningrum, A., Alfiyani⁴, R., & Wicaksono, & R. E. (2023). Variasi Kedalaman Potong terhadap Gaya Potong dan Temperatur pada Proses Bubut Baja AISI 304. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 106–118. doi:<https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13739>
- Siswanto, B., & Sunyoto, S. (2018). Pengaruh Kecepatan dan Kedalaman Potong pada Proses Pembubutan Konvensional Terhadap Kekasaran Permukaan Lubang. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(2), 82–86. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i2.21403>
- Stella Daran Hindom, Poeng, R., & Lumintang, R. (2019). Pengaruh Variasi Parameter Proses Pemesinan Terhadap Gaya Potong Pada Mesin Bubut Knuth Dm-1000a. *Poros Teknik Mesin*, 4(2), 36–48. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/view/8165/7723>
- Widya Prasetya, H., & Boedi Wahjono, H. (2020). Pengaruh Parameter Pemotongan Dan Nose Radius Pahat Insert W-Style Pada Pembubutan Baja S45c. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, 5(2), 37–40. <https://doi.org/10.36526/v-mac.v5i2.1054>