

Evaluasi Kekuatan Mesin Bubut Akibat Gaya Pemakanan Pada Ujung Alat Potong

A. T. Setiono*, M. A. Muflikhun, Suyitno

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Jl. Grafika No. 2, Kompleks UGM, Yogyakarta 55281, Indonesia

*E-mail: adhitrisetiono@gmail.com

Abstrak

Keberadaan mesin bubut berperan penting pada pekerjaan pemesinan. Di sisi lain permintaan mesin bubut yang semakin meningkat di Indonesia terutama pada Industri Kecil dan Menengah bidang manufaktur. Namun, mayoritas mesin bubut yang beredar di Indonesia saat ini merupakan mesin bubut impor. Oleh karena itu diperlukan satu upaya perancangan dan pembuatan mesin bubut untuk memenuhi kebutuhan industri tersebut. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kekuatan mesin bubut skala kecil hasil perancangan. Evaluasi ini dilakukan dengan pendekatan analisis elemen hingga. Hasil evaluasi dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kekuatan mesin bubut sebelum dilakukan proses produksi. Parameter rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan diterapkan pada simulasi. Kondisi pemotongan ditentukan untuk mendapatkan gaya pemakanan, gaya radial, dan gaya tangensial. Gaya-gaya diterapkan pada ujung alat potong sesuai dengan kondisi pembubutan sebenarnya. Hasil evaluasi menunjukkan gaya-gaya pada proses pemakanan tidak berdampak apapun pada rangka mesin bubut dan pada bagian pemegang pahat tidak terjadi gaya dan defleksi yang signifikan.

Kata kunci : *Mesin bubut, gaya, analisis elemen hingga, simulasi.*

Abstract

The existence of a lathe plays an important role in machining work. On the other hand, the demand for lathes is increasing in Indonesia, especially in the Small and Medium Industries in the manufacturing sector. However, the majority of lathes circulating in Indonesia today are imported lathes. Therefore, an effort is needed to design and manufacture a lathe to meet the needs of the industry. In this study, an evaluation of the strength of the small-scale lathe is carried out as a result of the design. This evaluation is carried out using a finite element analysis approach. The evaluation results can be used as a reference to determine the strength of the lathe before the production process is carried out. The parameters of feed rate and depth of cut were applied to the simulation. Cutting conditions are determined to obtain the feed force, radial force, and tangential force. Forces are applied to the cutting tool tip according to actual turning conditions. The evaluation results show that the forces in the feeding process do not have any impact on the lathe frame and there is no significant force and deflection on the tool post.

Keywords : *Lathe, forces, finite element analysis, simulation.*

1. PENDAHULUAN

Pada Mesin bubut adalah mesin dasar yang digunakan untuk memproduksi benda berbentuk silinder dengan ukuran dan permukaan akhir yang dibutuhkan. Mesin bubut selalu diharapkan untuk memiliki konsistensi pada saat proses pemotongan material. Kinerja dalam proses pemotongan ini tergantung pada hal-hal berikut: kekakuan mesin, kestabilan sambungan, kekakuan alat potong, dan kemampuan redaman getaran yang baik.

Mesin bubut dituntut untuk tetap stabil dan kaku sepanjang proses pembubutan sehingga tetap dalam performa yang maksimal (Urbikain dkk., 2015). Kondisi pengoperasian (benda kerja, operasi dan alat potong) saat pembubutan adalah faktor utama dalam menentukan tingkat stabilitas dan kekakuan rangka mesin bubut. Rangka mesin bubut adalah elemen pada mesin bubut yang menghubungkan komponen dan mekanisme sederhana menjadi satu kesatuan struktur. Umumnya, kerangka utama terdiri dari sistem pendukung utama dan setiap atau ratusan bagian yang lebih kecil yang terhubung dengan cara dibaut, dilas atau mekanisme geser ke bodi utama dan membentuk seluruhnya menjadi satu bagian mesin utuh. Rangka mesin bubut inilah yang memiliki peran khusus sebagai penopang utama sekaligus peredam getaran pada saat proses pembubutan (Kępczak dkk., 2015)

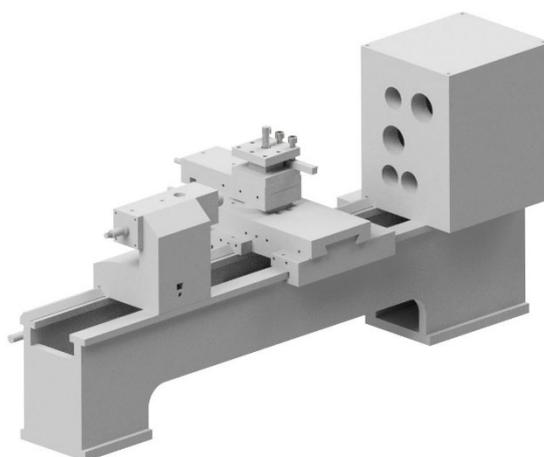
Sampai saat ini mesin bubut masih berperan penting pada sektor pekerjaan pemesinan. Di sisi lain permintaan kebutuhan mesin bubut dalam negeri yang saat ini banyak digunakan di IKM (Industri Kecil dan Menengah) bidang manufaktur semakin meningkat. Data dari BPS (Badan Pusat Statistik) menunjukkan bahwa IKM pada sektor manufaktur masih menjadi sektor yang paling dominan dengan penyerapan pekerja sekitar 60%. Akan tetapi mesin bubut yang digunakan pada IKM di seluruh Indonesia mayoritas merupakan mesin bubut buatan luar negeri atau impor. Oleh karena itu diperlukan satu upaya perancangan dan pembuatan mesin bubut untuk memenuhi kebutuhan industri tersebut.

Salah satu upaya dilakukan untuk menjawab kebutuhan industri adalah perancangan dan pembuatan mesin bubut skala kecil. Mesin bubut skala kecil memiliki kapasitas dapat membubut benda kerja berukuran maksimal diameter 100 mm x panjang 300 mm. Mesin bubut skala kecil ini merupakan bentuk rancangan mesin yang baru sehingga diperlukan beberapa evaluasi. Salah satu evaluasi yang dilakukan yaitu evaluasi kekuatan mesin bubut rancangan tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kekuatan mesin bubut skala kecil hasil perancangan. Evaluasi ini dilakukan dengan pendekatan analisis elemen hingga. Hasil evaluasi dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kekuatan mesin bubut sebelum dilakukan proses produksi.

2. PEMODELAN

Desain mesin bubut dimodelkan sebagai satu kesatuan utuh. Material besi cor kelabu diimplementasikan sebagai material mesin bubut. Mata pahat dimodelkan sebagai batang dengan ukuran 15 mm x 15 mm x 100 mm dengan material baja kecepatan tinggi diimplementasikan sebagai material pahat. Pahat dipasang pada pemegangnya dengan mekanisme pengencangan menggunakan baut. Mesin bubut didesain memiliki spesifikasi ruang kerja berukuran diameter 100 mm x panjang 300 mm. Ukuran dan bentuk mesin bubut mengacu pada mesin bubut BV-20 buatan Taiwan. Desain mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain mesin bubut

2.1. Parameter dan kondisi pemotongan

Parameter rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan yang bervariasi diterapkan untuk menentukan gaya pada mesin bubut. Parameter rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan ditentukan berdasarkan kondisi pembubutan yang sebenarnya. Kedua parameter ini termasuk dalam 3 parameter utama pada pembubutan selain kecepatan spindel yang dapat disesuaikan secara langsung pada mesin bubut (Gugulothu dkk., 2020).

2.2.1 Rata-rata pemakanan

Rata-rata pemakanan merupakan rata-rata gerak alat potong maju mengikuti jalur pemotongan. Rata-rata pemakanan secara langsung terkait pada kecepatan putar spindel dan diekspresikan dalam satuan mm/putaran.

$$F = f \times n \quad (1)$$

Simbol F merupakan rata-rata pemakanan dalam satuan mm/putaran. Simbol f merupakan rata-rata gerak pemakanan alat potong dalam satuan mm dan simbol n merupakan putaran spindel dalam satuan putaran per menit.

2.2.2 Kedalaman pemotongan

Kedalaman pemotongan merupakan ketebalan material yang terbuang akibat pemotongan permukaan benda kerja yang diekspresikan dalam satuan mm.

$$Dof = (D - d)/2 \quad (2)$$

dimana D adalah diameter awal benda kerja dalam satuan mm dan d merupakan diameter akhir benda kerja yang akan dicapai dalam satuan mm.

Material benda kerja yang digunakan adalah baja tahan karat AISI 316L. Spesifikasi material baja tahan karat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi baja tahan karat

Baja tahan karat AISI 316L	
Diameter (D) mm	10
Kekerasan (HB)	147
Konstanta Daya (p)	0,03322

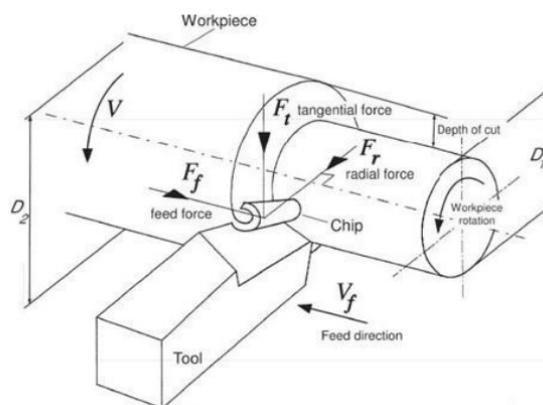
Kondisi pemotongan konstan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Pemotongan

Kondisi Pemotongan	
Panjang Pemotongan (L) mm	20
Kecepatan Pemotongan (Vc) m/menit	25,125
Kecepatan Spindel (n) Rpm	800
Faktor Efisiensi Mesin (E)	0,8

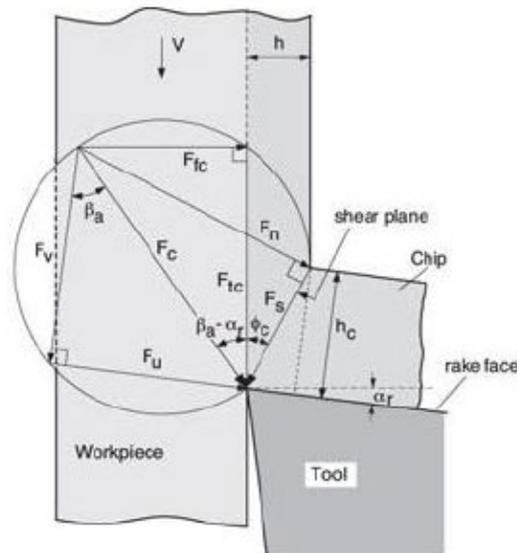
2.2. Gaya-gaya pada proses pembubutan

Tiga gaya yang bekerja dan satu resultan gaya dihasilkan pada proses pembubutan. Gaya-gaya tersebut diantaranya gaya pemakanan (F_f), gaya tangensial (F_t), gaya radial (F_r), dan resultan gaya. Diagram gaya proses pembubutan standar termasuk arah paralel alat potong dan kecepatan spindel ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Geometri dari proses pembubutan dan gaya yang bekerja (Umbert, 2017).

Gaya pemakanan (F_f) adalah gaya yang bekerja pada arah longitudinal dan arah gaya sama dengan arah pemakanan. Gaya ini cenderung menekan menjauh dari cekam. Gaya tangensial (F_t) merupakan gaya yang bekerja pada ujung pahat potong yang bisa menyebabkan defleksi ke bawah untuk pahat potong dan defleksi ke atas untuk benda kerja. Gaya radial (F_r) adalah gaya yang bekerja pada arah radial dan cenderung menekan pahat potong menjauh dari benda kerja. Resultan gaya merupakan gaya yang bekerja pada bidang 3 dimensi arah axis x,y,z yang merupakan gabungan tiga gaya yang bekerja pada masing-masing arah axis (Umbert, 2017). Diagram untuk masing-masing gaya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gaya-gaya proses pembubutan

Gambar 3 menunjukkan diagram yang digunakan untuk membuat persamaan perhitungan gaya-gaya. Gaya pemakanan (F_f), gaya tangensial (F_t), dan gaya radial (F_r) merupakan gaya yang bekerja langsung pada alat potong dan dapat diukur secara langsung. Gaya-gaya lain yang bekerja pada gram dapat dihitung dengan mengetahui hubungan-hubungan antar gaya. Gaya iris (F_s) adalah gaya yang bekerja pada bidang iris yang dapat dihitung dengan rumus:

$$F_s = F_c \cos(\theta_c + \beta - \alpha_r) \quad (3)$$

Gaya normal (F_n) yang bekerja pada bidang iris dapat dihitung dengan rumus:

$$F_n = F_c \sin(\theta + \beta - \alpha) \quad (4)$$

Pada zona pengirisan terdapat dua gaya yang bekerja secara langsung pada sisi muka pahat. kedua gaya tersebut adalah gaya normal (N) dan gaya gesek (F_u). Kedua gaya tersebut dapat dihitung menggunakan rumus [14]:

$$N = F_t \cos \alpha_r - F_f \sin \alpha_r \quad (5)$$

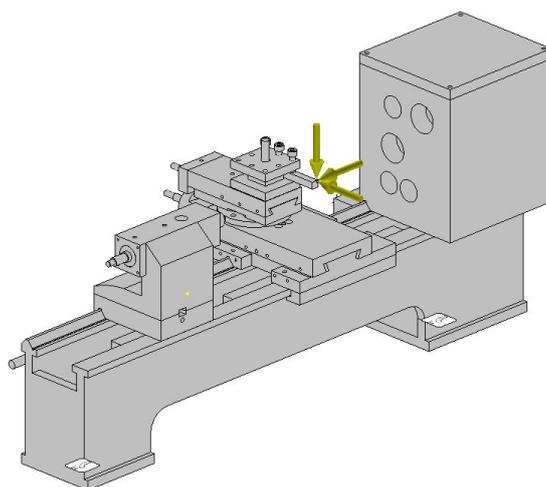
$$F_u = F_t \sin \alpha_r - F_f \cos \alpha_r \quad (6)$$

Resultan gaya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$R = \sqrt{F_f^2 + F_t^2 + F_r^2} \quad (7)$$

3. METODE PENELITIAN

Simulasi Evaluasi kekuatan mesin bubut dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga. Metode elemen hingga dapat digunakan secara luas untuk analisis tegangan statis dan dinamis memungkinkan asumsi yang paling realistis (Aguilar dkk., 2013). Analisis tegangan pada simulasi dilakukan terhadap komponen mesin bubut melalui pahat sebagai batang yang diimplementasikan gaya. Gaya-gaya hasil perhitungan diimplementasikan pada ujung pahat sesuai dengan kondisi pembubutan sebenarnya. Ilustrasi model mesin bubut beserta konstrain dan arah implementasi gaya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model mesin bubut dengan arah implementasi gaya dan konstrain

Gaya-gaya diterapkan berdasarkan dua parameter rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan yang sudah ditentukan. Simulasi dilakukan 10 kali dengan variasi gaya yang berbeda. Simulasi 1 sampai 5 diterapkan parameter kedalaman pemotongan tetap dan rata-rata pemakanan yang bervariasi. Simulasi 6 sampai 10 diterapkan parameter rata-rata pemakanan tetap dan kedalaman pemotongan yang bervariasi. Detail simulasi dan parameter yang sudah ditentukan terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan pada simulasi

No Simulasi	rata-rata pemakanan (mm/rev)	kedalaman pemotongan (mm)
Simulasi-1	0,10	1,00
Simulasi-2	0,15	1,00
Simulasi-3	0,20	1,00
Simulasi-4	0,25	1,00
Simulasi-5	0,30	1,00
Simulasi-6	0,30	0,25
Simulasi-7	0,30	0,50
Simulasi-8	0,30	0,75
Simulasi-9	0,30	1,00
Simulasi-10	0,30	1,25

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

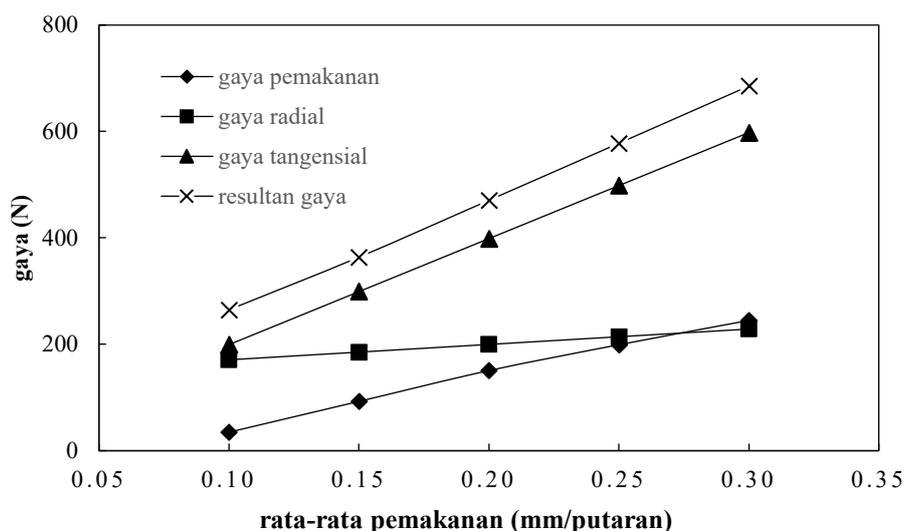
4.1. Evaluasi gaya pada simulasi

Gaya-gaya dihitung berdasarkan karakteristik bahan baja tahan karat AISI 316L. Kondisi pemotongan dan parameter sudah ditentukan untuk masing-masing simulasi. Gaya yang sudah dihitung pada masing-masing arah terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Gaya-gaya yang bekerja untuk simulasi

No Simulasi	Gaya pemakanan (N)	Gaya tangensial (N)	Gaya radial (N)	Resultan gaya (N)
Simulasi-1	34,8	199,3	170,9	264,9
Simulasi-2	92,7	298,9	185,4	363,8
Simulasi-3	150,6	398,6	199,8	470,7
Simulasi-4	199,2	498,3	214,3	577,9
Simulasi-5	244,9	597,9	228,7	685,4
Simulasi-6	39,5	149,5	163,7	225,2
Simulasi-7	107,9	298,9	185,4	367,9
Simulasi-8	176,4	448,5	207,0	524,5
Simulasi-9	244,9	597,9	228,7	685,4
Simulasi-10	313,3	747,5	250,4	848,3

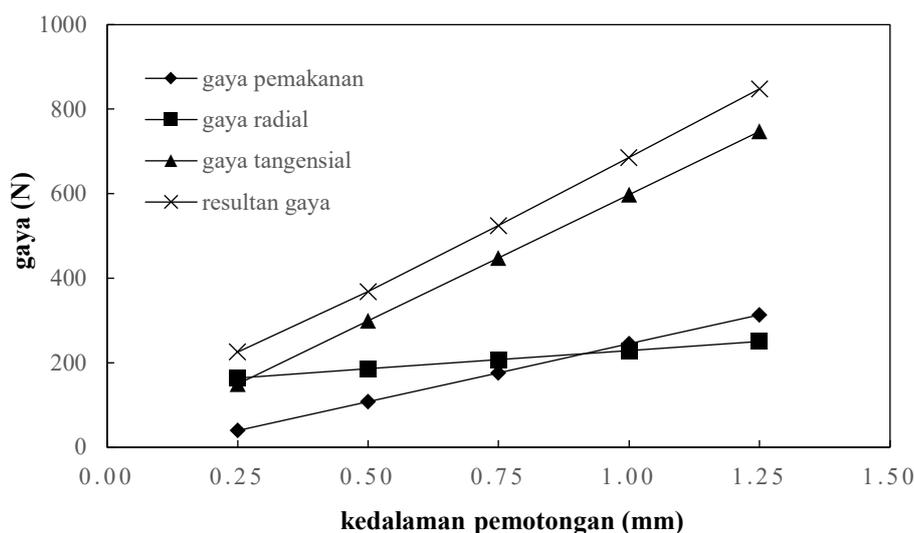
Hasil perhitungan gaya disajikan pada Tabel 4 berdasarkan parameter yang sudah ditentukan. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan gaya yang bekerja seiring dengan meningkatnya rata-rata pemakanan dengan kedalaman pemotongan yang tetap untuk simulasi 1 sampai 5.



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja untuk simulasi 1 sampai 5

Gaya minimum yang dihasilkan adalah gaya pemakanan: 34,8 N, gaya radial: 170,9 N, gaya tangensial: 199,3 N, resultan gaya: 264,9 N yang dihasilkan dalam simulasi 1. Sedangkan gaya maksimum yang dihasilkan adalah gaya pemakanan: 244,9 N, gaya radial: 228,7 N, gaya tangensial: 597,9 N, resultan gaya: 685,4 N yang dihasilkan dalam simulasi 5.

Pada parameter rata-rata pemakanan tetap dan kedalaman pemotongan yang bervariasi menghasilkan peningkatan distribusi gaya pada simulasi 6 sampai 10 yang ditunjukkan pada Gambar 6.

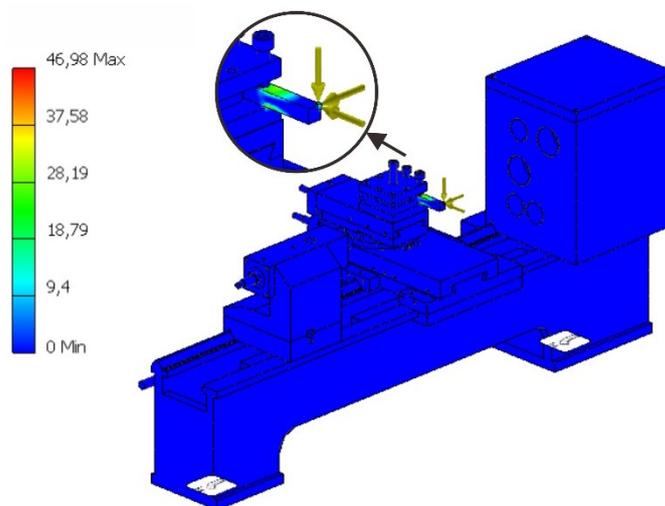


Gambar 6. Gaya-gaya yang bekerja untuk simulasi 6 sampai 10

Gaya minimum yang dihasilkan adalah gaya pemakanan: 39,5 N, gaya radial: 163,7 N, gaya tangensial: 149,5 N, resultan gaya: 225,2 N yang dihasilkan dalam simulasi 6. Gaya maksimum yang dihasilkan adalah gaya pemakanan: 313,3 N, gaya radial: 250,4 N, gaya tangensial: 747,5 N, resultan gaya: 848,3 N yang dihasilkan dalam simulasi 10.

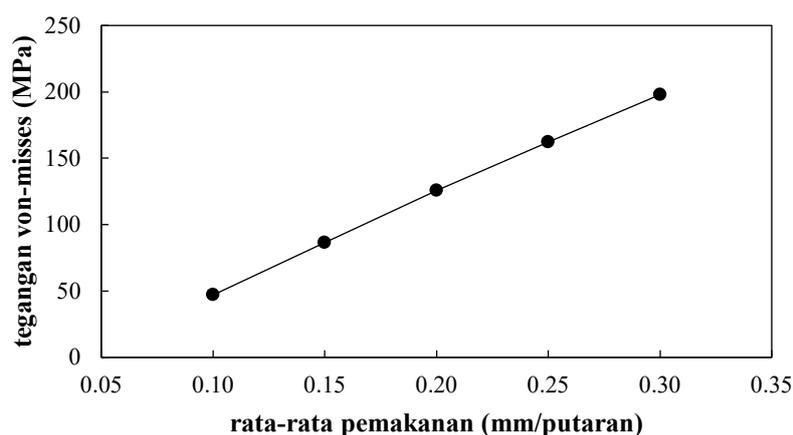
4.2. Simulasi tegangan von-misses pada ujung alat potong

Simulasi tegangan von-misses dilakukan pada model mesin bubut bagian ujung alat potong. Contoh hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 7 yang merupakan hasil simulasi metode elemen hingga pada simulasi 1. Gambar 7 menunjukkan nilai maksimum tegangan von-misses pada batang alat potong yaitu 46,98 MPa dan minimum 0 MPa pada sebagian besar komponen mesin bubut.



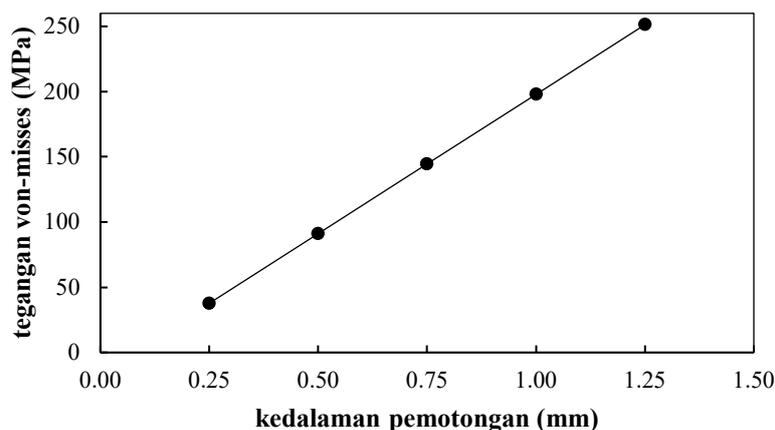
Gambar 7. Simulasi tegangan von-misses pada simulasi 1

Gaya diterapkan pada simulasi 1 sampai 5 berdasarkan parameter rata-rata pemakanan yang bervariasi mulai dari 0,1 mm/rev sampai 0,3 mm/putaran dan kedalaman pemotongan tetap. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 8 yang menunjukkan bahwa seiring meningkatnya rata-rata pemakanan dan kedalaman pemotongan tetap maka tegangan von-misses meningkat. Tegangan von-misses minimum yang dihasilkan adalah 46,98 MPa pada rata-rata pemakanan 0,10 mm/putaran pada simulasi 1, sedangkan tegangan von-misses maksimum yang dihasilkan adalah 197,87 MPa pada rata-rata pemakanan 0,30 mm/putaran pada simulasi 5.



Gambar 8. Tegangan von-misses dengan rata-rata pemakanan bervariasi untuk simulasi 1 sampai 5

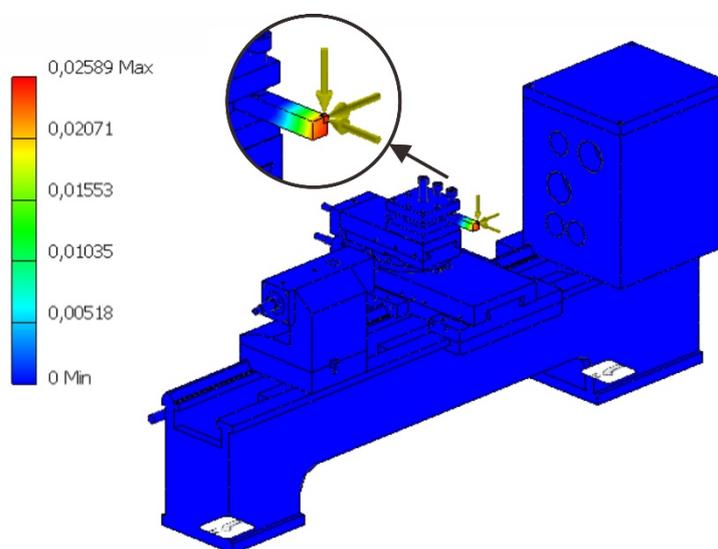
Gaya diterapkan pada simulasi 6 sampai 10 berdasarkan parameter kedalaman pemotongan yang bervariasi mulai dari 0,25 mm sampai 1,25 mm dan rata-rata pemakanan tetap. Grafik hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 9 yang menunjukkan bahwa seiring meningkatnya kedalaman pemotongan dan rata-rata pemakanan tetap maka tegangan von-misses meningkat. Tegangan von-misses minimum yang dihasilkan adalah 37,70 MPa pada kedalaman pemotongan 0,25 mm pada simulasi 6, sedangkan tegangan von-misses maksimum yang dihasilkan adalah 251,27 MPa pada kedalaman pemotongan 1,25 mm pada simulasi 10.



Gambar 9. Tegangan von-misses dengan kedalaman pemotongan bervariasi untuk simulasi 6 sampai 10

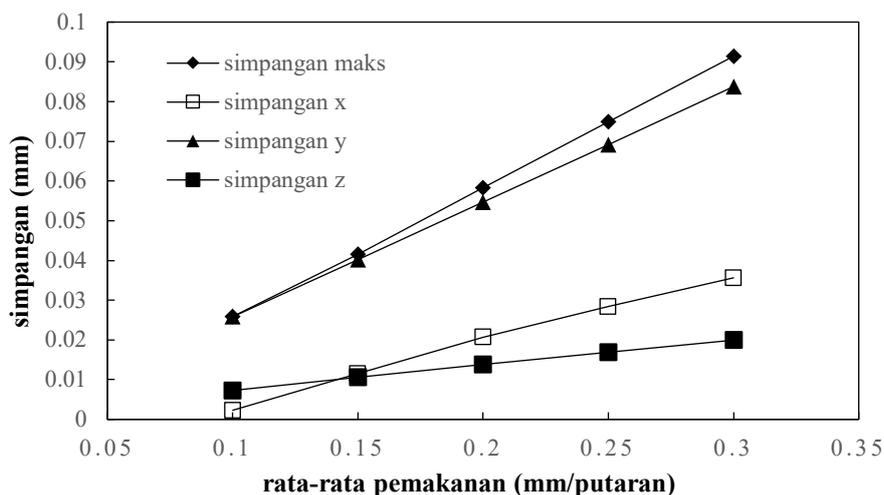
4.3. Simpangan pada ujung alat potong

Simpangan dihasilkan dengan penerapan gaya pada ujung alat potong. Simpangan ini terdiri dari 4 simpangan, yaitu simpangan arah x, y, z, dan kombinasi. Simpangan x dipengaruhi oleh gaya tangensial, simpangan y dipengaruhi oleh gaya radial, dan simpangan z dipengaruhi oleh gaya pemakanan. Contoh hasil simulasi simpangan ditunjukkan pada Gambar 10 yang merupakan hasil dari kombinasi simpangan untuk simulasi-1. Gambar 10 menunjukkan simpangan maksimum 0,02589 mm pada bagian ujung alat potong dan simpangan minimum 0 mm pada seluruh bagian mesin bubut.



Gambar 10. Simpangan pada simulasi 1

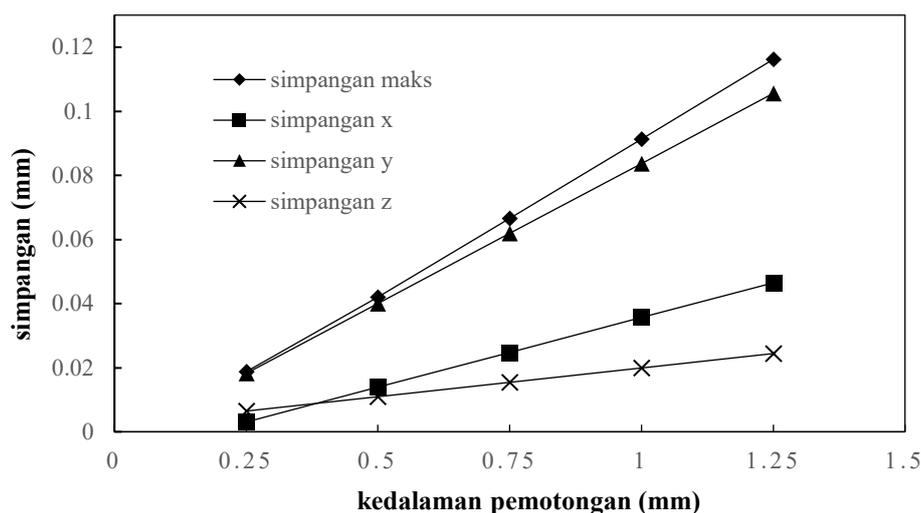
Penerapan gaya untuk simulasi 1 sampai 5 ditentukan berdasarkan parameter rata-rata pemakanan yang bervariasi mulai dari 0,1 mm/putaran sampai 0,3 mm/putaran dan kedalaman pemotongan tetap. Grafik simpangan hasil simulasi metode elemen hingga model rangka mesin bubut ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Simpangan pada simulasi 1 sampai 5

Gambar 11 menunjukkan bahwa seiring meningkatnya rata-rata pemakanan dengan kedalaman pemotongan tetap maka simpangan yang terjadi meningkat. Simpangan arah x minimum terjadi pada simulasi 1 yaitu 0,002291 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 5 yaitu 0,03563 mm. Simpangan arah y minimum terjadi pada simulasi 1 yaitu 0,02583 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 5 yaitu 0,08376 mm. Simpangan arah z minimum terjadi pada simulasi 1 yaitu 0,007281 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 5 yaitu 0,01994 mm. Sedangkan simpangan kombinasi minimum terjadi pada simulasi 1 yaitu 0,02589 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 5 yaitu 0,09139 mm. Berdasarkan Gambar 11, simpangan terbesar terjadi dalam arah y yang merupakan hasil dari simpangan yang dipengaruhi oleh gaya radial.

Penerapan gaya untuk simulasi 6 sampai 10 ditentukan berdasarkan parameter kedalaman pemotongan yang bervariasi mulai dari 0,25 mm sampai 1,25 mm dengan rata-rata pemakanan tetap. Grafik simpangan hasil simulasi metode elemen hingga model mesin bubut ditunjukkan pada Gambar 12.

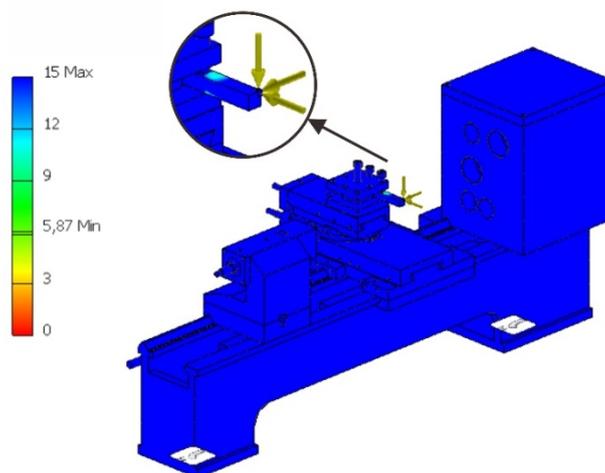


Gambar 12. Simpangan pada simulasi 6 sampai 10

Gambar 12 menunjukkan seiring meningkatnya kedalaman pemotongan dengan rata-rata pemakanan tetap maka simpangan juga meningkat. Simpangan arah x minimum terjadi pada simulasi 6 yaitu 0,003055 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 10 yaitu 0,04647 mm. Simpangan arah y minimum terjadi pada simulasi 6 yaitu 0,01823 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 10 yaitu 0,1056 mm. Simpangan arah z minimum terjadi pada simulasi 6 yaitu 0,006477 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 10 yaitu 0,02442 mm. Sedangkan simpangan kombinasi minimum terjadi pada simulasi 6 yaitu 0,01877 mm dan maksimum terjadi pada simulasi 10 yaitu 0,1162 mm. Pada simulasi 6 sampai 10 ini simpangan terbesar terjadi dalam arah y yang merupakan hasil dari simpangan yang dipengaruhi oleh gaya radial.

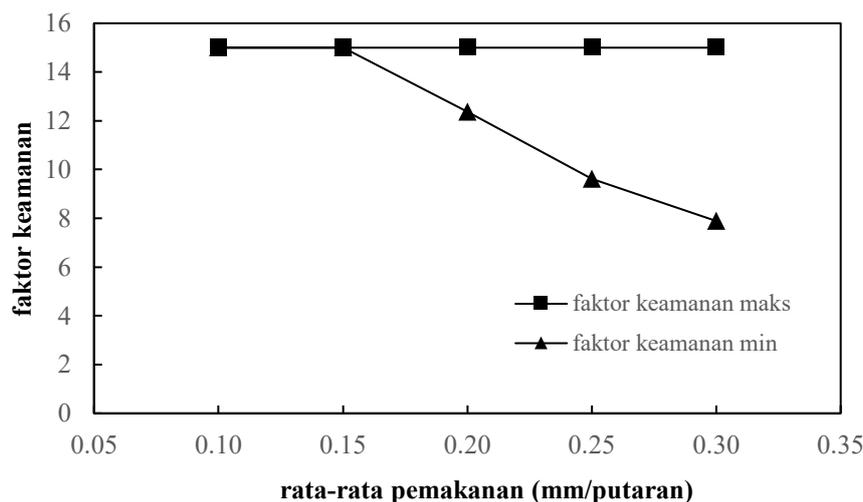
4.4. Faktor keamanan pada alat potong

Faktor keamanan ditentukan dengan simulasi metode elemen hingga menghasilkan angka faktor keamanan pada alat potong dan sistem pemegangnya. Simulasi faktor keamanan menghasilkan faktor keamanan maksimum dan minimum. Contoh hasil simulasi faktor keamanan untuk simulasi 1 ditunjukkan pada Gambar 13 yang menunjukkan faktor keamanan maksimum dan minimum pada alat potong yaitu 15 dan faktor keamanan minimum pada bagian alat potong yaitu 5,87 pada simulasi 1. Faktor keamanan minimum terjadi pada bagian alat potong yang menjadi tumpuan pemegangnya.



Gambar 13. Faktor keamanan pada simulasi 1

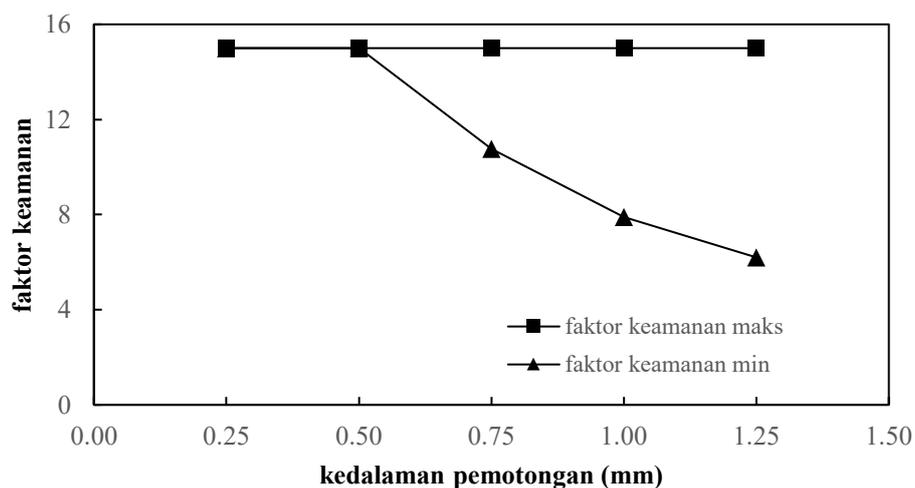
Gaya diterapkan untuk simulasi 1 sampai 5 berdasarkan parameter rata-rata pemakanan yang bervariasi mulai dari 0,1 mm/putaran sampai 0,3 mm/putaran dan kedalaman pemotongan tetap. Hasil untuk simulasi 1 sampai 5 ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Faktor keamanan untuk simulasi 1 sampai 5

Gambar 14 menunjukkan faktor keamanan pada alat potong maksimum terjadi pada simulasi 1 sampai 5 yaitu 15, sedangkan faktor keamanan paling minimum yaitu 7,89 terjadi pada simulasi 5.

Gaya diterapkan untuk simulasi 6 sampai 10 berdasarkan parameter kedalaman pemotongan yang bervariasi mulai dari 0,25 mm sampai 1,25 mm dan rata-rata pemakanan tetap. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 15 yang menunjukkan faktor keamanan maksimum dan minimum pada alat potong.



Gambar 15. Faktor keamanan pada simulasi 6 sampai 10

Gambar 14 menunjukkan faktor keamanan maksimum rangka mesin bubut pada simulasi 6 sampai 10 tetap, sedangkan faktor keamanan minimum pada simulasi 6 sampai 10 menurun seiring dengan meningkatnya kedalaman pemotongan. Faktor keamanan maksimum terjadi pada simulasi 6 sampai 10 yaitu 15, sedangkan faktor keamanan minimum yaitu 6,20 terjadi pada simulasi 10.

Gaya-gaya yang diimplementasikan pada alat potong berdasarkan hasil simulasi hanya terjadi pada sebagian besar batang alat potong. Gaya-gaya tersebut tidak menunjukkan dampak apapun pada komponen mesin bubut pada tiap-tiap hasil simulasi. Defleksi yang terjadi berdampak pada batang alat potong dan tidak berdampak signifikan pada pemegang alat potong.

5. KESIMPULAN

Studi metode elemen hingga dari desain mesin bubut menghasilkan data dalam bentuk gaya, tegangan von-mises, simpangan, dan faktor keamanan. Kesimpulan dari hasil simulasi ini adalah:

- Gaya-gaya pada pemakanan tidak berdampak apapun pada komponen mesin bubut.
- Pada bagian pemegang pahat tidak terjadi gaya dan defleksi yang signifikan.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih kepada PT. Ontiyus Karya Mulia atas dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- R. Carr, I. Design, F.C. Ashford, 1960, Design of a Lathe for International Markets. *Human Factors*.
- G. Urbikain, F.J. Campa, J.J. Zulaika, J. J., L.N. López De Lacalle, M.A. Alonso, V. Collado, 2015, Preventing chatter vibrations in heavy-duty turning operations in large horizontal lathes. *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 340, pp. 317–330.
- R. Subbarao, R. Dey, 2019, Selection of Lathe Spindle Material Based on Static and Dynamic Analyses Using Finite Element Method. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 22, pp. 1652–1663.
- S. Chinnuraj, P.R. Thyla, S. Elango, P.R. Venugopal, P.V. Mohanram, M. Nataraj, S. Mohanraj, K.N. Manojkumar, S. Ayyasamy, 2020, Static and dynamic behavior of steel-reinforced epoxy granite CNC lathe bed using finite element analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, Vol. 234, No. 4, pp. 595–609.
- V.A. Rogov, S. Ghorbani, 2015, Research on selecting the optimal design of antivibrational lathe tool using computer simulation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, Vol. 229, No. 3, pp. 162–167.
- A. Aguilar, A. Roman-Flores, J.C. Huegel, 2013, Design, refinement, implementation and prototype testing of a reconfigurable lathe-mill. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 32, No. 2, pp. 364–371).
- Koenigberger, F., 1964, Design principles of metal cutting machine tools. Pergamon Press, USA.

- M. Mori, H. Mizuguchi, M. Fujishima, Y. Ido, N. Mingkai, K. Konishi, 2009. Design optimization and development of CNC lathe headstock to minimize thermal deformation. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 58, No. 1, pp. 331–334.
- M. Kaladhar, K.V. Subbaiah, C.S. Rao, 2014, Simultaneous optimization of multiple responses in turning operations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 228, No. 7, pp. 707–714.
- N. Kępczak, W. Pawlowski, L. Kaczmarek, 2015, Cast iron and mineral cast applied for machine tool bed-Dynamic behavior analysis. *Arch Metall Mater*, Vol. 60, pp. 1023–1029.
- S.M. Umbert, 2017, Cutting Forces in Turning Operations. Dept. of Mechanical and Industrial Engr. Norwegian University of Science and Technology, 74.
- B. Gugulothu, D.K. Kumsa, B.M. Kassa, 2020. Effect of process parameters on centre lathe of EN8 steel in turning process. *Materials Today: Proceeding*, Vol. 46, No. 1, pp. 228-233.