



Pengaruh Pelumas Terhadap Tegangan Alir Dan Gaya Penarikan Kawat Aisi 1006 Menggunakan Metode FEM

Destri Muliastri¹, Devi Eka Septyani², Prayoga Lesmana³

^{1,3}Proses Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung. Jawa Barat – Bandung

² Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Politeknik Negeri Bandung. Jawa Barat – Bandung

Email : destri.muliastri@polban.ac.id

Received : 30 April 2021; Received in revised form : 18 Juni 2021; Accepted : 8 Desember 2021

Abstract

The wire drawing process is a metal forming technique. The factor affecting the final result of the draw is Lubricants. The value of the friction coefficient will have an impact on the surface quality of the wire, the use of lubricants is needed to reduce the load and surface defects of the wire. The purpose of this study was to determine the effect of lubrication on the flow stress and pulling force of AISI 1006. The lubricants used in this study have different friction coefficient values, including 0.03; 0.02 and 0.01. In this research, the method used Finite Element Method and Ansys workbench 19.0. Finite element method is done by simulating wire drawing with a die angle of 12 degrees. The results obtained will be calculated theoretically and simulated, for lubricants with different coefficient of friction have different values of flow stress and pulling force which can affect mechanical properties. The smaller the friction coefficient, the greater of the average flow stress, the percentage of theoretical calculations and simulations is 2.45%, for the effect of lubrication on the wire pulling force, the percentage is 23.25%.

Keywords: Wire, Wire Drawing, Lubricant, Friction Coefficient, Finite Element Method

Abstrak

Proses penarikan kawat merupakan salah satu teknik pembentukan logam. Faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari penarikan adalah Pelumas. Nilai koefisien gesek akan berdampak pada kualitas permukaan dari wire, penggunaan pelumas dibutuhkan untuk mengurangi beban dan cacat permukaan dari wire. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pelumasan terhadap tegangan alir dan gaya penarikan kawat AISI 1006. Pelumas yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai koefisien gesek yang berbeda, diantaranya 0,03 ;0,02 dan 0,01. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Finite Element Method dan Ansys workbench 19.0. Metode Finite element method dilakukan dengan simulasi penarikan kawat dengan sudut dies 12 derajat. Hasil yang diperoleh akan dihitung secara teoritis dan simulasi, untuk Pelumas dengan koefisien gesek yang berbeda-beda memiliki nilai tegangan alir dan gaya penarikan yang berbeda yang dapat mempengaruhi sifat mekanik. Semakin kecil koefisien gesek maka rata-rata tegangan alir akan semakin besar, persentasi perhitungan secara teoritis dan simulasi sebesar 2,45%, untuk pengaruh pelumasan terhadap gaya penarikan kawat diperoleh persentase sebesar 23,25%.

Kata kunci: Wire, Penarikan Kawat, Pelumas, Koefisien Gesek, Finite Element Method.

1. PENDAHULUAN

Seiring semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan permintaan pasar terhadap suatu produk yang memiliki nilai kualitas tinggi mendorong khususnya industri manufaktur untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas dan mempunyai *cost of production* yang seminimal mungkin.

Pembentukan logam (metal forming) masuk dalam kategori kelompok besar dalam proses manufaktur, tak terkecuali kawat yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama dibidang mesin dan konstruksi bangunan [1]. Hal tersebut mendorong persaingan pelaku industri pembuatan kawat untuk menciptakan produk kawat yang berkualitas dan dapat memenuhi kebutuhan pasar. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari penarikan salah satunya ialah pelumas, gesekan antara wire dan die akan berdampak pada kualitas permukaan dari wire itu sendiri, hal tersebut membuktikan bahwasannya dalam proses dibutuhkan penggunaan pelumas untuk mengurangi beban dan cacat permukaan dari wire. Proses penarikan kawat (wire drawing) merupakan suatu proses pembentukan logam dengan cara menarik kawat batangan melalui cetakan oleh gaya tarik yang bekerja pada bagian luar dan ditarik ke arah luar cetakan [2].

Terjadinya aliran plastis pada pembentukan ini disebabkan oleh adanya gaya tekan yang timbul sebagai reaksi logam terhadap cetakan. Tujuan dari penarikan kawat adalah untuk mengecilkan diameter batang kawat. Batang kawat berdiameter D1 direduksi dengan memberi gaya tarik melalui cetakan menjadi kawat berdiameter D2. Sehingga terjadi reduksi area atau pengurangan luas penampang pada kawat tersebut [3]. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses wire drawing adalah Persentase dan rasio reduksi, sudut dan approach die serta Pelumas atau lubrikasi ([4] Daniel Son et al 2018 pernah melakukan kaji eksperimental mengenai pelumasan terhadap kekuatan tarik kawat aluminium hasil wire drawing. Dalam percobaan tersebut membandingkan rata-rata tegangan maksimal antara kawat yang menggunakan pelumas dan tidak dalam proses wire drawing. Hasil dari percobaan tersebut menunjukkan bahwa Tegangan maksimal relatif lebih besar dibandingkan dengan penarikan kawat yang tidak menggunakan pelumas, regangana rata-rata yang terjadi pada keduanya memiliki nilai yang sama. Sehingga dalam kaji eksperimental dapat disimpulkan bahwa wire drawing mampu meningkatkan kekuatan material namun material menjadi lebih getas.

Alfian Wijaya dkk (2017), mahasiswa fakultas teknik Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, pernah melakukan penelitian terkait wire drawing. Penelitian yang dilakukan yaitu optimasi sudut die, rasio reduksi dan panjang bearing terhadap tegangan penarikan kawat aluminium dengan Finite Element Method (FEM). Bahan yang digunakan adalah Aluminium 3003. Metode dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil penelitian dengan 2 metode Finite Element Method dan analisa secara teoritik. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar sudut die yang digunakan semakin besar tegangan maksimal yang terjadi ketika proses deformasi, dan semakin kecil sudut die semakin besar area kontak yang terjadi saat proses deformasi. Semakin besar rasio reduksi pada proses penarikan kawat akan memperbesar peningkatan nilai kekuatan tarik dan pada rasio reduksi rendah dapat terjadi deformasi yang tidak seragam sehingga terjadi perbedaan tegangan pada tiap titik, dan jika perbedaan tegangan terlalu besar maka dapat terjadi patah pada bagian dalam.

Ujicoba efek pelumas pada proses wire drawing pernah dilakukan, Dalam percobaan tersebut pelumas yang digunakan campuran oli tipe HP140 dengan 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5% graphite weight ratio. Hasil dari ujicoba tersebut menyimpulkan bahwa campuran dari graphite dan oli mengurangi beban kerja proses wire drawing berbanding lurus dengan persentase graphite ratio [5]

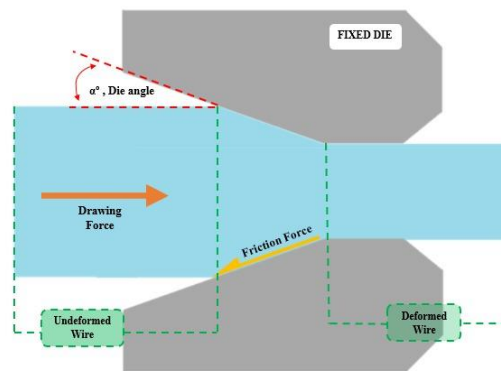
Dalam penelitian ini menggunakan metode Finite element method, untuk mensimulasikan gaya penarikan kawat yang terjadi dengan 3 pelumas yang memiliki nilai koefisien gesek yang berbeda. Pemilihan pelumas dengan koefisien gesek 0,01; 0,02 dan 0,03 dikarenakan nilai tersebut sesuai dengan sudut dies yang ditentukan yakni 12 derajat.

2. METODE PENELITIAN

Pengolahan data dengan simulasi FEM ini diawali dengan pembuatan skema 2D die dan kawat dengan menggunakan design modeler. Tujuan pembuatan skema 2D ini adalah untuk memperlihatkan ukuran diameter dies dan sudut dies yang akan dilakukan analisa dengan lengkap. Ukuran standar die yang digunakan mengikuti standar JIS B 4111.

2.1. Project Schematic

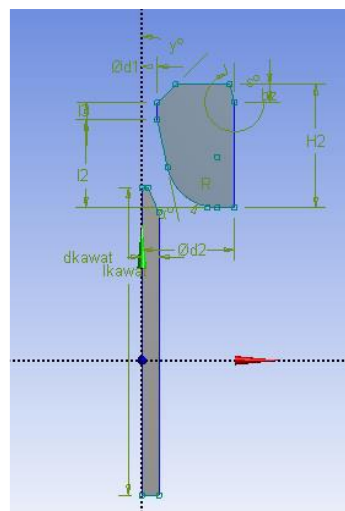
Project schematic yang digunakan adalah static structural, pemilihan static structural disebabkan karena dalam hasil simulasi dilakukan analisis struktur dari kawat akibat adanya pengecilan diameter kawat.



Gambar 1. Penarikan kawat melalui sebuah die

2.2. Pembuatan Geometri

Pembuatan model pada penelitian menggunakan design modeler pada Gambar 2 yang sudah ada dalam fitur Ansys Workbench 19.0.



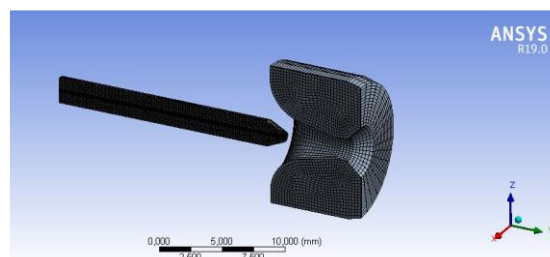
Gambar 2. Skema 2D Die dan Kawat

2.3. Pemilihan Material

Jenis Material yang dipilih adalah Polycrystalline Diamond (PCD) untuk die dan baja AISI 1006 untuk material kawat [6].

2.4. Meshing

Dalam meshing die yang digunakan ialah refinement dengan tujuan agar proses meshing mengikuti geometri die yang cukup kompleks sedangkan untuk kawat menggunakan automatic method karena lebih sederhana [7].



Gambar 3. Meshing Dies dan kawat

Meshing pada penelitian ini memiliki nodes 7256 ; element 2275 pada wire dan nodes 1828 ; element 581 pada dies.

2.5. Penentuan Contact

Kontak antara kawat dengan die adalah frictional atau kontak gesek dengan salah satu geometri bergerak, dalam hal ini yang merupakan bagian kaku atau fixed adalah die sedangkan contact yang ditujukan untuk bagian yang mengalami deformasi adalah kawat[8].

Table of Design Points		
	A	B
1	Name ▼	P8 - Friction Coe... ▼
2	Units	
3	DP 0 (Current)	0,03
4	DP 2	0,02
5	DP 4	0,01
*		

Gambar 4. Skema Penentuan Contact

2.6. Perhitungan Teoritis

2.6.1. Tegangan Alir

$$\sigma_0 = \frac{K \cdot \varepsilon^n}{n + 1} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \ln \frac{1}{1-r} \quad (2)$$

Dengan K adalah koefisien kekuatan (N/mm^2), σ_0 adalah Rata-rata tegangan Alir (Mpa), n adalah Eksponen pengerasan regang dan ε regangan actual [9].

2.6.2. Gaya Penarikan Kawat

$$F_{dr} = A_1 \cdot K_{strm} \cdot \varphi_p \cdot \left(\frac{\mu}{\alpha} + \frac{2 \cdot \alpha}{3 \cdot \varphi_p} + 1 \right) \quad (3)$$

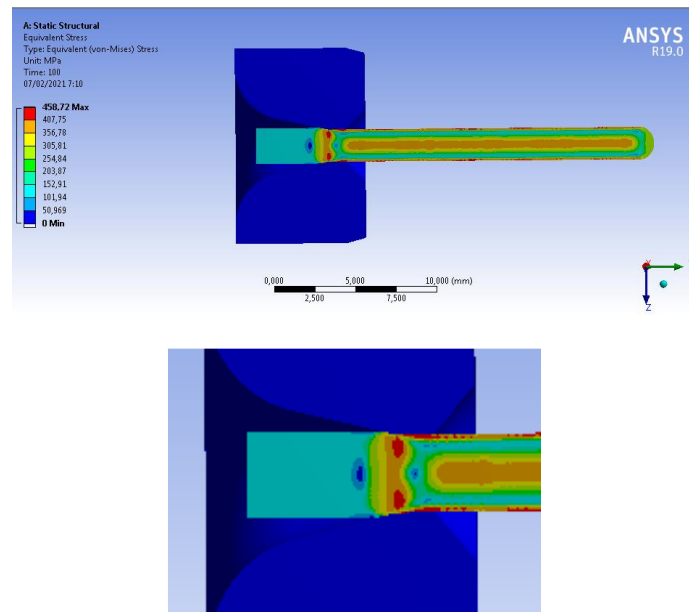
Dengan Fdr adalah Gaya Penarikan Kawat (N), Kstrm adalah tegangan alir (N/mm^2), A1 adalah Luas penampang wire setelah melewati die (mm^2), φ_p Principal strain, dan μ Koefisien Gesek [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Simulasi

Data hasil simulasi menggunakan software Ansys Workbench 19.0. Data yang ditampilkan yaitu equivalent stress, equivalent total strain dan nilai gaya penarikan kawat yang dibutuhkan.

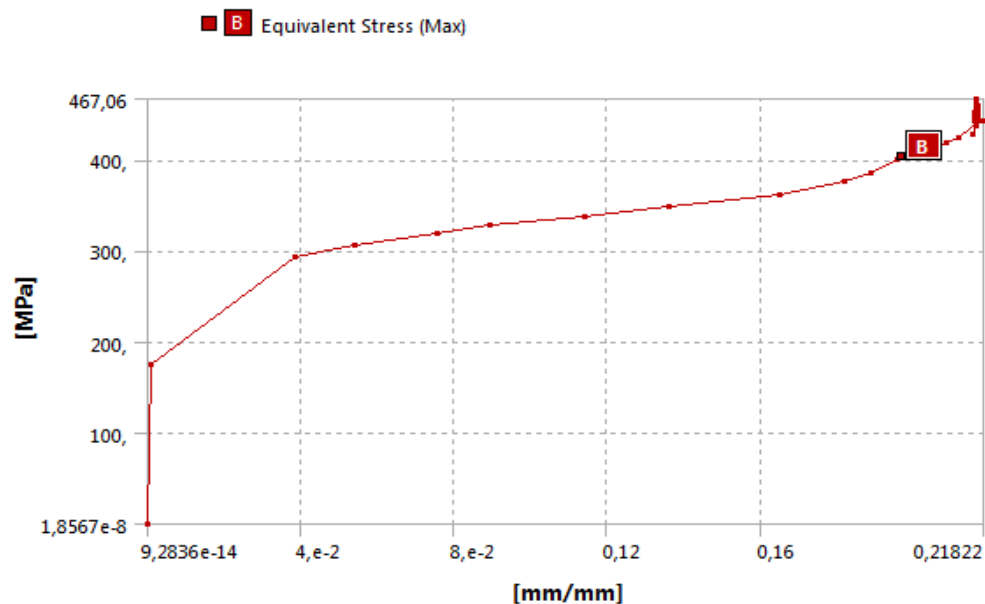
3.1.1. Pelumas A dengan Koefisien Gesek 0,03



Gambar 5. Equivalent Stress Koefisien gesek 0,03

Gambar 5 merupakan equivalent stress yang terjadi pada kawat saat proses wire drawing dengan nilai koefisien gesek permukaan kawat dan die sebesar 0,03. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa kawat mengalami deformasi plastis sementara die tetap pada bentuk sebagaimana semestinya. Tegangan maksimum yang diterima oleh kawat sebesar 458,72 Mpa dan nilai rata-rata tegangan alir 411,8 MPa pada penggunaan pelumas A.

Arah Gaya penarikan kawat bekerja sesuai dengan keadaan sebenarnya dalam proses wire drawing yang melewati die. Total Gaya yang diperlukan untuk mereduksi kawat 2,2 mm menjadi 2mm sebesar 465,7 N.

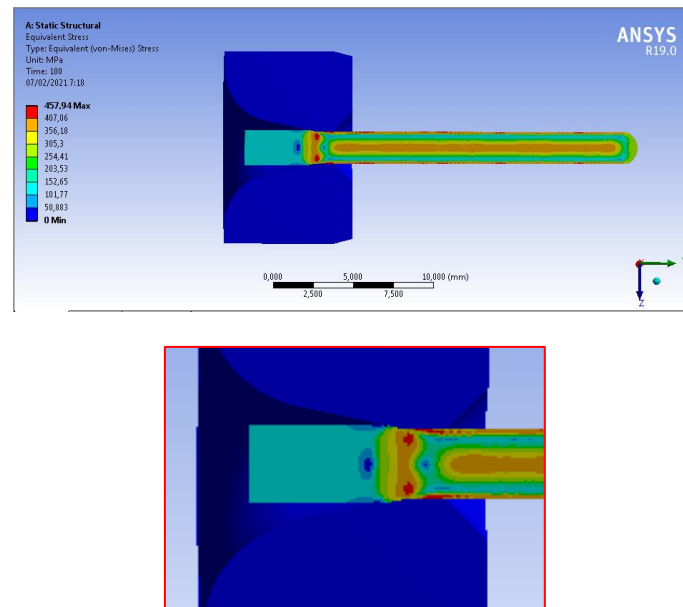


Gambar 6. Kurva Stress-Strain dengan koefisien gesek 0,03

Gambar 6 merupakan kurva stress-strain dari hasil simulai penggunaan pelumas dengan koefisien gesek 0,03. Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa nilai tegangan regangan akan semakin

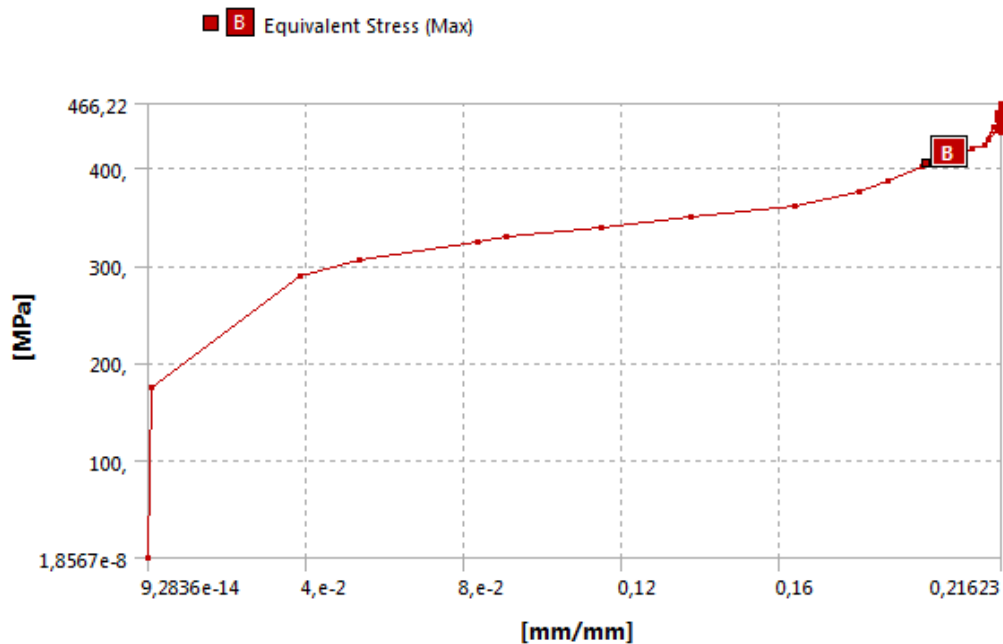
bertambah seiring dengan bertambahnya beban, penambahan panjang akan selalu terjadi selama beban ditambahkan secara bertahap hingga yield strength kawat tercapai. Tegangan luluh kawat yang ditampilkan dalam gambar 6 memiliki nilai sebesar 292,84MPa.

3.1.2. Pelumas B dengan Koefisien Gesek 0,02



Gambar 7. Equivalent Stress Koefisien Gesek 0,02

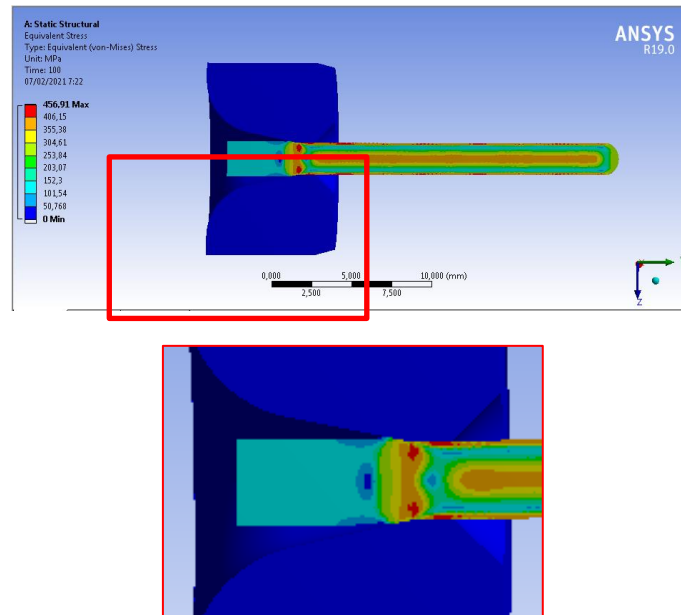
Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa kawat mengalami deformasi plastis dan die tetap pada bentuknya. Gambar 7 diperoleh nilai tegangan maksimum dan tegangan minimum yang terjadi selama proses wire drawing. Tegangan maksimum yang diterima oleh kawat sebesar 457,94 MPa dan nilai rata-rata tegangan alir 408,84 MPa pada penggunaan pelumas B.



Gambar 8. Kurva Stress – Strain dengan koefisien Gesek 0,02

Gambar 8 merupakan kurva stress-strain dari hasil simulasi penggunaan pelumas B, nilai tegangan-regangan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya beban dan pertambahan panjang akan terjadi selama beban ditambahkan secara bertahap hingga yield strength kawat tercapai. Tegangan luluh kawat yang diperoleh sebesar 290,18 MPa.

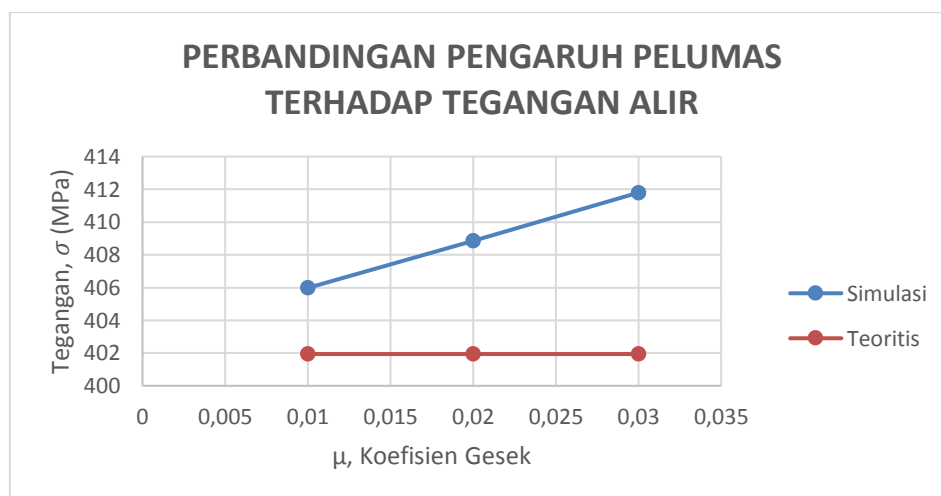
3.1.3. Pelumas C dengan Koefisien Gesek 0,01



Gambar 9. Equivalent Stress Koefisien Gesek 0,01

Pada Gambar 9, merepresentasikan equivalent stress yang terjadi pada kawat saat proses wire drawing dengan nilai koefisien gesek permukaan kawat dan die sebesar 0,01. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tegangan maksimum dan tegangan minimum yang terjadi selama proses wire drawing, tegangan maksimum yang diterima oleh kawat sebesar 456,91 MPa dan nilai rata-rata tegangan alir sebesar 405,98 MPa pada penggunaan pelumas C. Total gaya yang diperlukan untuk mereduksi kawat dari 2,2 mm menjadi 2 mm dengan koefisien gesek 0,01 sebesar 414,61N.

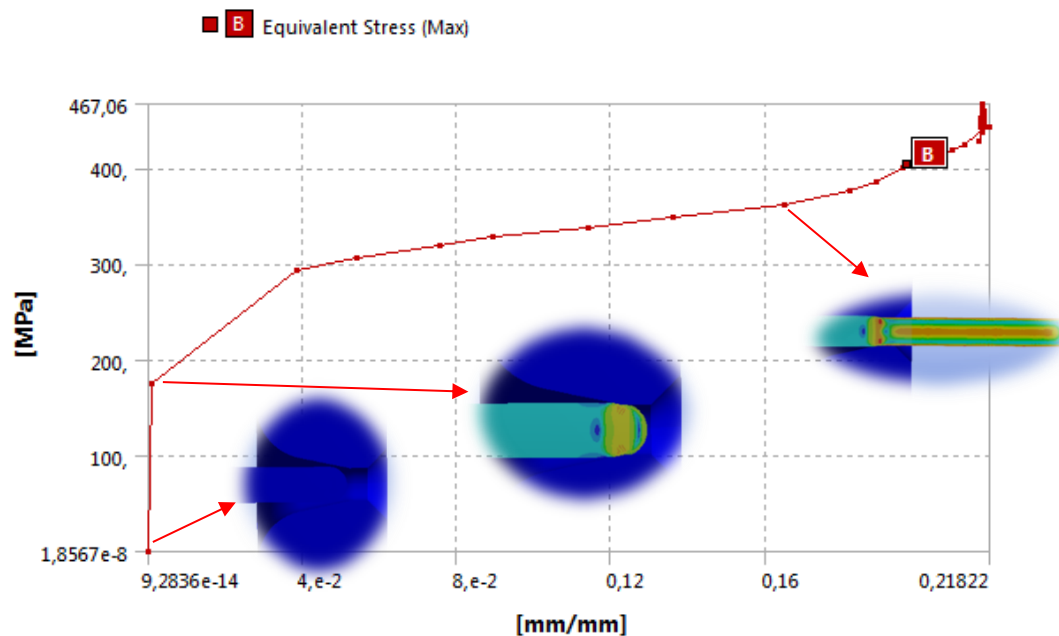
3.2. Pengaruh Pelumas terhadap Tegangan Alir dan Gaya penarikan Kawat



Gambar 10. Grafik pengaruh pelumas terhadap Tegangan Alir

Persentase perbedaan rata-rata tegangan alir secara teoritis dan simulasi paling besar ialah 2,45%, untuk perbedaan rata-rata regangan secara teoritis dan simulasi paling besar ialah sebesar 13,63%, Hal tersebut dikarenakan pada software Ansys Workbench 19.0 tidak ada parameter Kekuatan (K) dan nilai eksponen regangan (n) dari material itu sendiri dalam hal ini yaitu AISI 1006 yang mempunyai sifat non-linear untuk dimasukkan dalam simulasi pada software. Kawat yang melewati die akan terdeformasi terhadap diameter kawat dan juga mengalami pertambahan panjang sebanding dengan nilai tegangan dan regangan sehingga penggunaan material dalam simulasi yaitu non-linear.

Deformasi pada kawat saat proses penarikan terjadi karena gaya tekan yang dihasilkan oleh die yang merupakan gaya reaksi terhadap gaya tarik yang menarik kawat melewati die. Pada daerah elastis nilai tegangan akan berbanding lurus dengan nilai regangan dan akan terjadi pertambahan panjang yang sesuai dengan gaya yang diberikan saat proses penarikan[11]. Apabila tegangan yang terjadi melewati batas luluh atau yield strength dari kawat maka kawat akan mengalami proses deformasi plastis. Tegangan yang dibutuhkan untuk deformasi plastis akan berbanding lurus dengan regangan plastis jika diberikan secara kontinyu.[12] Untuk perbedaan gaya penarikan secara teoritis dan simulasi paling besar ialah 23,25%, Hal tersebut terjadi karena dalam rumus secara teoritis tidak terdapat faktor nilai koefisien gesek, sehingga hasil yang didapatkan untuk masing-masing pelumas yaitu sama mengingat penelitian ini hanya 1 kali tahap reduksi yaitu dari kawat diameter 2,2mm menjadi 2mm.



Gambar 11. Grafik pengaruh pelumas terhadap gaya penarikan

4. SIMPULAN

Dalam proses wire drawing semakin kasar permukaannya semakin besar sudut gesek dan koefisien geseknya, sehingga gaya tarik yang dibutuhkan semakin besar, hal tersebut juga berlaku ketika koefisien gesek semakin kecil maka gaya penarikan yang dibutuhkan semakin kecil. Pengaruh pelumas pada penarikan kawat terhadap tegangan alir adalah dengan semakin kecilnya koefisien gesek maka rata-rata tegangan alir akan semakin besar persentasi perhitungan secara teoritis dan simulasi sebesar 2,45%, untuk pengaruh pelumasan terhadap gaya penarikan kawat diperoleh persentase sebesar 23,25%. Pengaruh pelumas dengan variasi koefisien gesek yang berbeda – beda sangat mempengaruhi nilai tegangan alir dan gaya penarikan dari kawat AISI 1006. Semakin tinggi nilai koefisien gesek dari suatu pelumas maka semakin besar nilai tegangan alir dan gaya tarik kawat yang dibutuhkan semakin besar pula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. O. R. Adetunji, D. Ph, S. I. Kuye, D. Ph, M. J. Alao, and B. Eng, "Microstructures of Mild Steel Spring after Heat Treatment . Microstructures of Mild Steel Spring after Heat Treatment .," vol. 14, no. February, pp. 11–15, 2015.
- [2]. W. D. Callister and J. Wiley, *Materials science*, vol. 79, no. SUPPL. 2002.
- [3]. I. M. Sas-Boca, M. Tintelecan, M. Pop, D. A. Iluțiu-Varvara, and A. M. Mihiu, "The Wire Drawing Process Simulation and the Optimization of Geometry Dies," *Procedia Eng.*, vol. 181, pp. 187–192, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.368.
- [4]. S. Sutjipto, J. T. Mesin, and P. N. Bandung, "BAHAN AJAR MATERIAL – TEKNIK STANDAR-PEMBELAJARAN MINIMAL Disusun oleh," 2015.
- [5]. M. B. Fitrianto, Darmanto, and S. Imam, "Pada specimen halus dalam kondisi dengan pelumas, semakin kental viskositasnya sudut geseknya semakin besar. Pada spesimen kasar dengan kondisi pelumas, semakin tinggi viskositas pelumasnya sudut geseknya semakin kecil," *Gaya gesek*, vol. 11, no. 1, pp. 13–18, 2015.
- [6]. S. M. Byon, S. J. Lee, D. W. Lee, Y. H. Lee, and Y. Lee, "Effect of coating material and lubricant on forming force and surface defects in wire drawing process," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 21, no. SUPPL. 1, pp. s104–s110, 2011, doi: 10.1016/S1003-6326(11)61071-6.
- [7]. M. C. Ruiz, J. Verde, A. Andrés, J. Viguri, and A. Irabien, "Environmental assessment of lubricants before and after wire drawing process," *J. Hazard. Mater.*, vol. 85, no. 3, pp. 181–191, 2001, doi: 10.1016/S0304-3894(01)00227-8.
- [8]. M. T. Hillery and V. J. McCabe, "precessh g Materials Wire drawing at elevated temperatures using different die materials and lubricants IAVOmeter I Pyrometer I ~] k , k . a .. ~ N ," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 55, pp. 53–57, 1995.
- [9]. P. Tornar, R. K. Pandey, and Y. Nath, "Numerical simulation of friction stress in wire drawing produced by direct extrusion process in presence of lubricant starvation," *Procedia Eng.*, vol. 64, pp. 1320–1328, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.09.213.
- [10]. P. Kawat and B. Aisi, "TEGANGAN ALIR , REGANGAN DAN GAYA Diajukan Oleh : Febby Fauziah TERHADAP TEGANGAN ALIR , REGANGAN DAN DENGAN METODE FEM," 2020.
- [11]. M. Firman, M. Darsin, and H. Arbiantara B., "Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekasaran Kawat Tembaga Hasil Drawing Akibat Variasi Persentase Reduksi," *Rotor*, vol. 6, no. 1, pp. 50-55–55, 2013.
- [12]. C. Moon and N. Kim, "Analysis of wire-drawing process with friction and thermal conditions obtained by inverse engineering," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 9, pp. 2903–2911, 2012, doi: 10.1007/s12206-012-0711-1.