

ANALISA PENGARUH PERSENTASE REDUKSI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PENARIKAN KAWAT BAJA AISI 1006

Febby Fauziah^{1)*}, Destri Muliastri²⁾, Wildan Muhammad²⁾

¹⁾ Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga 40559

*email korespondensi: destri.muliastri@polban.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
15/08/2023

Accepted:
01/02/2024

Online-Published:
29/02/2024

ABSTRAK

Penarikan kawat adalah sebuah proses pembentukan logam dengan menarik batang kawat melalui sebuah dies. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengurangi diameter batang kawat tanpa mengurangi massa dan volume. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1006 dengan persentase reduksi sebesar 22,14%, 17,35%, dan 14,26%. Setelah dilakukan penarikan kawat baja dilakukan proses pengujian kekerasan, uji Tarik dan uji metalografi. Uji keras menggunakan metode Microhardness Vickers dengan hasil 37.6433 HV, 37.7666 HV, dan 38.6233 HV. Nilai kekuatan tarik maksimum kabel adalah 197.8146 MPa, 111.271 MPa, dan 71.005 MPa, sedangkan yield strength adalah 176.379 MPa, 100.926 MPa, dan 64.593 MPa. Terjadi perubahan struktur mikro kawat menjadi lebih memanjang, lebih rata dan lebih padat pada persentase reduksi tinggi dibandingkan persentase reduksi rendah.

Kata Kunci : Penarikan Kawat, Baja AISI 1006, Uji Tarik, Uji Keras, Uji Metalografi

ABSTRACT

The wire drawing process is a metal forming process by pulling the wire bar through the dies by a tensile force. The purpose of this process is to reduce the diameter of the wire rod without reducing volume and mass. The material used in this study was AISI 1006. The percentage of reduction is 22.14%, 17.35%, and 14.26%. The microhardness of these wires was tested using Microhardness Vickers Method, the result is 37.6433 HV, 37.7666 HV, and 38.6233 HV respectively. The maximum tensile strength value of the wires is 197.8146 MPa, 111.271 MPa, and 71.005 MPa, while the yield strength is found to be 176.379 MPa, 100.926 MPa, and 64.593 MPa. With a greater percentage of reduction on the wire, the microstructure became elongated, flatter, and much denser.

Keywords: Wire drawing, AISI 1006, Microstructure, Tensile test, Microhardness, Vickers Method.

© 2024 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan

doi:
doi.org/10.5281/zenodo.10728881

1 PENDAHULUAN

Seiring semakin pesatnya perkembangan teknologi dan permintaan pasar terhadap suatu produk yang memiliki kualitas tinggi mendorong pelaku industri manufaktur untuk memproduksi produk yang berkualitas dan sesuai standar kebutuhan pelanggan, tidak terkecuali pada *wire industry*. Fakta di lapangan memperlihatkan bahwa kawat sangat penting keberadaannya, karena banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti: bidang telekomunikasi, jaringan listrik, permesinan, konstruksi bangunan, elektronika dan lain sebagainya.

Penarikan kawat adalah proses pembentukan logam dengan menarik batang baja melalui *die* dengan gaya tarik tertentu (Zidani, et al., 2012). Batang baja ditarik keluar dari cetakan untuk mengurangi luas penampang ke diameter yang diinginkan tanpa mengurangi volume kawat seperti yang ditunjukkan pada

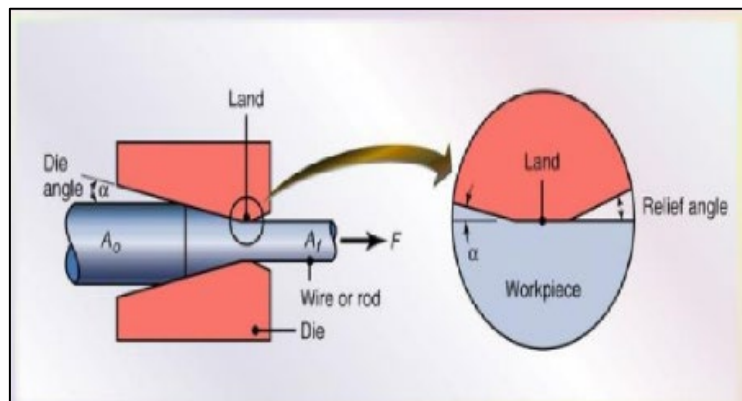
Gambar 1. Material yang digunakan untuk membuat kawat antara lain aluminium, paduan tembaga, dan baja. Bentuk material untuk proses ini adalah batang baja dan kawat. Perbedaan antara kawat dan batang baja dapat dilihat dari diameternya. Biasanya kawat memiliki diameter $d < 5$ mm sedangkan batang baja memiliki diameter $d > 5$ mm (Sutrimo, 2015). Proses penarikan kawat dilakukan pada suhu kamar, panas dihasilkan karena kerja plastik dan gesekan pada antarmuka cetakan benda kerja. Distribusi suhu baik pada benda kerja maupun efek sampingnya ekspansi termal, pola deformasi, dan pemulihan elastis. Hal ini disebut peristiwa *Cold Working* (Moon & Kim, 2012).

Faktor yang mempengaruhi proses penarikan kawat baja antara lain yaitu sudut dies (α), persentase reduksi ($\%R$), kekuatan luluh material (σ_0) di bawah beban uniaksial, koefisien gesekan (μ) atau faktor geser (m), panjang kawat (L), kecepatan keluar (V_f), dan kecepatan masuk (v_i) (Avitzur, 1964). Persentase reduksi ini memiliki dampak yang signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari kawat yang dihasilkan melalui proses *wire drawing*. Proses reduksi kawat baja merupakan tahap yang krusial dalam produksi kawat baja (Mathur, Dawson, & , 1990). Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan proses produksi dan meningkatkan efisiensi, penting untuk memahami secara mendalam bagaimana persentase reduksi mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro kawat baja. Penelitian ini dapat membantu dalam merancang parameter dan kondisi produksi yang tepat.

Setelah proses produksi kawat, dilakukan pula proses pengecekan kualitas sebelum kawat digunakan. Jika nilai kekuatan tarik lebih rendah dari standar atau permintaan pelanggan, maka kawat akan diklasifikasikan sebagai cacat. Oleh karena itu, pengendalian persentase reduksi kawat baja sangat diperlukan untuk memenuhi permintaan tersebut, karena persentase reduksi ini akan mempengaruhi struktur mikro dan kekuatan tarik kawat. Semakin besar persentase reduksi, semakin besar pula perubahan aliran material yang akan mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik kawat.

Dalam banyak aplikasi, kekuatan dan kekerasan kawat baja memegang peranan yang sangat penting. Dengan mempelajari pengaruh persentase reduksi, penelitian dapat mengidentifikasi hubungan antara parameter reduksi dan peningkatan kekuatan serta kekerasan kawat baja. Hal ini akan membantu dalam pengembangan material yang lebih kuat dan tahan terhadap deformasi dan aus. Selain itu, dengan mempelajari pengaruh persentase reduksi terhadap struktur mikro, penelitian dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai perubahan struktur mikro, seperti ukuran butir, distribusi butir, dan kepadatan dislokasi.

Dengan demikian, penelitian tentang pengaruh persentase reduksi terhadap sifat mekanik dan struktur mikro kawat baja akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan material dan peningkatan kualitas produk kawat baja.



Gambar 1. Skema proses penarikan kawat

Penggunaan kawat tembaga yang dilapisi monel pada penelitian sebelumnya dengan spesimen uji memiliki panjang 100 mm dengan diameter $d_0=3$ mm. Hasil dari penelitiannya yaitu terjadi *necking* atau pengecilan diameter pada ϕ 2,3 mm karena tingkat reduksi yang terlalu besar. Sifat mekanik kawat yang ditarik juga dipengaruhi persentase pengurangan yang terjadi pada kawat; semakin besar persentase reduksi, semakin besar perubahan arah aliran material, yang juga akan mempengaruhi struktur mikro kawat (Martina, 2017). Persentase reduksi akan meningkatkan kekuatan tarik sekaligus menurunkan nilai kekasaran tarik dan kekasaran kawat tembaga (M. Firman, 2015). Semakin tinggi persentase reduksi dan suhu proses, nilai kekerasan material meningkat (Febrianti, 2016). Ukuran butir menjadi lebih halus karena peningkatan laju regangan (Li, Shuang, Sun, & Ding, 2017).

Penelitian ini menggunakan Baja AISI 1006 yang belum dilapisi. Hal ini dikarenakan baja tersebut termasuk baja karbon rendah yang mempunyai sifat ulet dan mudah dibentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase *drawing* kawat terhadap struktur mikro dan sifat mekanik dengan melakukan

uji kekerasan, uji tarik, dan uji metalografi menggunakan persentase reduksi kawat baja sebesar 22,14%, 17,35%, dan 14,26%.

2. MATERIAL DAN METODA

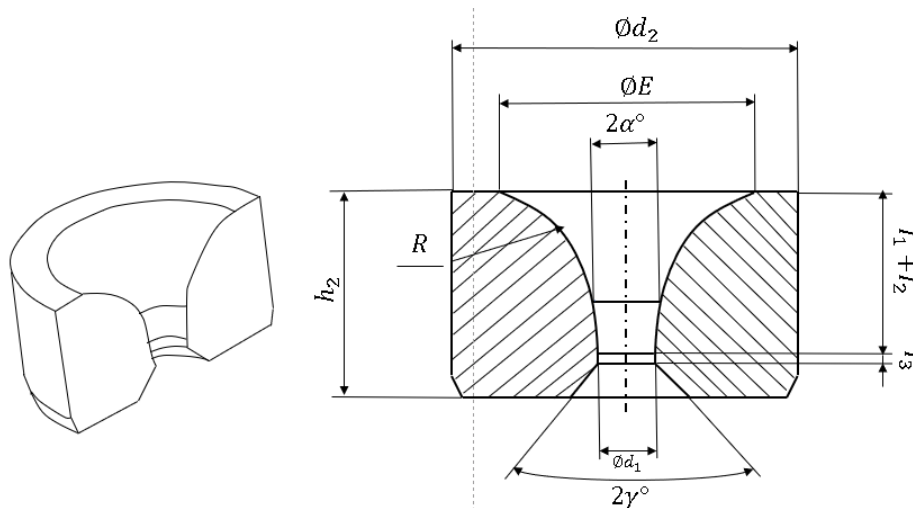
2.1 Material

Material cetakan/ *die* yang digunakan adalah *Polycrystalline Carbide* (PCD), hal ini dikarenakan PCD memiliki ketahanan haus dan ketahanan gesek yang tinggi. Nilai kekerasan PCD yaitu 5098 HV (Li, Shuang, Sun, & Ding, 2017). Material kawat yang digunakan yaitu baja AISI 1006. Hal ini dikarenakan baja ini tergolong baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan sehingga sifat mampu bentuknya yang tinggi. Komposisi kimia baja AISI 1006 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja AISI 1006 (Steel, 2019)

Carbon (C)	Silisium (Si)	Mangan (Mn)	Posfor (P)	Belerang (S)	Ceq
0,06 %	0,05 %	0,49 %	0,010 %	0,016 %	0,15 %

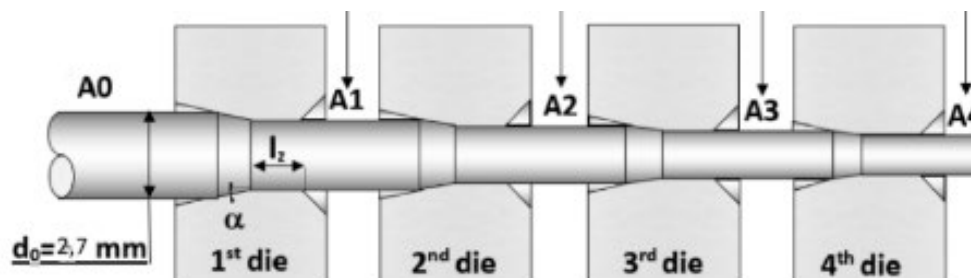
Sudut cetakan/ *dies* juga berpengaruh terhadap sifat mekanik dan struktur mikro kawat. Akan tetapi, pada penelitian ini sudut *die* yang digunakan seragam yaitu 12° . Geometri *dies* yang digunakan diatur dalam Standard JIS B4111 W104 dapat dilihat pada gambar 2. Koefisien gesek yang digunakan yaitu 0,035.



Gambar 2. Geometri *die*

2.2 Metoda

Berdasarkan gambar 3 di bawah dilakukan penarikan baja sebanyak beberapa kali penarikan sesuai dengan diameter akhir yang diinginkan. Pada penelitian penarikan dilakukan sebanyak 3 kali penarikan dengan presentasi reduksi 22,14%, 17,35%, dan 14,26%.



Gambar 3. Tahapan proses penarikan kawat

Diameter kawat akan berkurang selama proses penarikan. Akan tetapi massa dan volume dari baja yang ditarik tidak berkurang. Proses penarikan kawat membutuhkan gaya tarik tertentu sesuai dengan pengurangan diameter atau persentase reduksi kawat (Martawirya, 2004).

Untuk menghitung persentase reduksi yang terjadi baik dalam setiap tahapan penarikan atau reduksi kawat yang dikurangi, dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dimana d_0 = diameter awal (mm), d_1 = diameter akhir (mm)

$$\%R = \left(\frac{d_0-d_1}{d_0}\right)^2 \times 100\% \tag{1}$$

Pengujian tarik, uji keras dan uji metalografi dilakukan pada masing-masing persentase reduksi. Pada pengujian tarik dan uji keras dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap tahap. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat dan didapatkan nilai *tensile strength* rata-rata dan didapatkan juga pengaruh persentase reduksi tersebut dengan sifat mekanik dan struktur mikro.

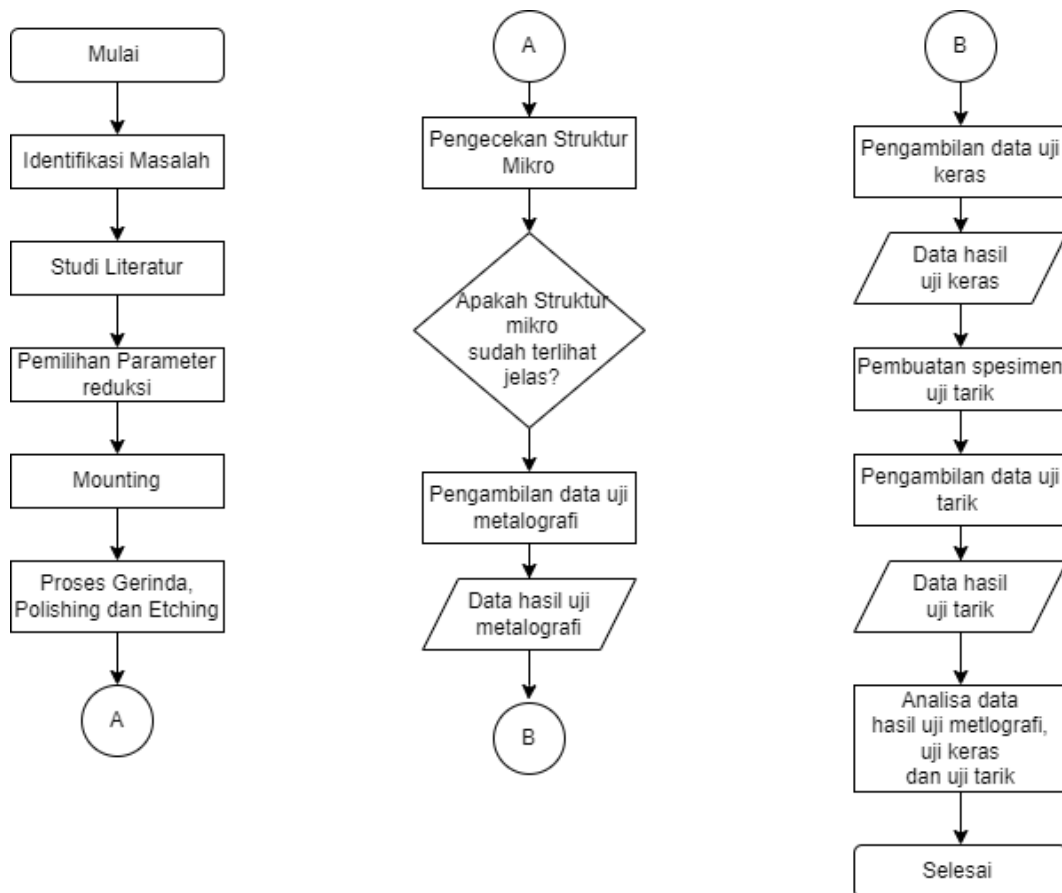
Pengujian tarik mengikuti *standard* ASTM E8 untuk mengetahui geometri spesimen uji dan gaya maksimum pada proses penarikan. Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan maksimum berdasarkan kurva *stress- strain*. Dari kurva tersebut diketahui *Ultimate Tensile Strength (UTS)* dan *Yield Strength (σ_y)* pada setiap persentase reduksi.

Metode yang digunakan untuk memperoleh nilai kekerasan baja adalah *Microhardness Vickers* dengan mengikuti ISO E384 untuk baja, tembaga beserta paduannya. Jarak minimum objek dari pusat pengujian adalah 2.5d untuk baja karbon rendah. Nilai uji keras pada material dengan metode *Microhardness Vickers* didefinisikan pada persamaan (2).

$$HV = 1,854 \times \frac{F}{D^2} \tag{2}$$

Dimana:

- HV = *Hardness Vickers* (HV),
- F = Gaya (kg),
- D = Rata-rata panjang diagonal.



Gambar4. Diagram alir penelitian

Struktur mikro dari suatu logam dilakukan uji metalografi dengan tahapan pemotongan spesimen, kemudian dilakukan proses *mounting*, *sanding*, *polishing* dan *etching*. Larutan etsa yang digunakan yaitu 1.5 ml % HNO_3 dan 77 ml 96% C_2H_5OH , hal ini bertujuan untuk memperjelas struktur mikro yang terdapat pada

AISI 1006 ketika diamati dengan menggunakan mikroskop dengan 3x perbesaran 10x, 50x, dan 100x (Manurung, Wibow, & Baskoro, 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Keras

Tabel 2 merupakan data hasil uji keras setiap persentase reduksi kawat. Pengujian untuk setiap persentase reduksi dilakukan sebanyak 3 kali.

Tabel 2. Data hasil uji keras

No.	Persentase Reduksi	HV		
		<i>Microhardness Machine</i>	Perhitungan	Rata-rata
1	22,14%	260	259.9236	260
2		260	259.8548	
3		262	261.5831	
4	17,35%	257	256.9896	257
5		257	257.1249	
6		258	257.6674	
7	14,26%	245	244.4133	248
8		251	250.8113	
9		250	249.5117	

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa terdapat hubungan positif antara persentase reduksi kawat dan nilai kekerasan yang dihasilkan. Persentase reduksi yang tinggi menyebabkan terjadinya distorsi dan peningkatan kepadatan butir kristal dalam kawat. Seiring dengan peningkatan kekerasan, kawat menjadi lebih tahan terhadap deformasi dan aus. Selain itu, perlu dicatat bahwa kecepatan ekstrusi juga dapat mempengaruhi fenomena ini. Secara umum, peningkatan kecepatan ekstrusi cenderung menghasilkan produk dengan tingkat kekerasan yang lebih rendah. Hal ini berhubungan dengan perubahan struktur mikro dan tingkat deformasi plastis yang terjadi selama proses ekstrusi. Kecepatan ekstrusi yang tinggi dapat mengakibatkan struktur mikro yang lebih kasar dan deformasi plastis yang lebih rendah, sehingga mengurangi tingkat kekerasan produk yang dihasilkan.

3.2 Uji Tarik

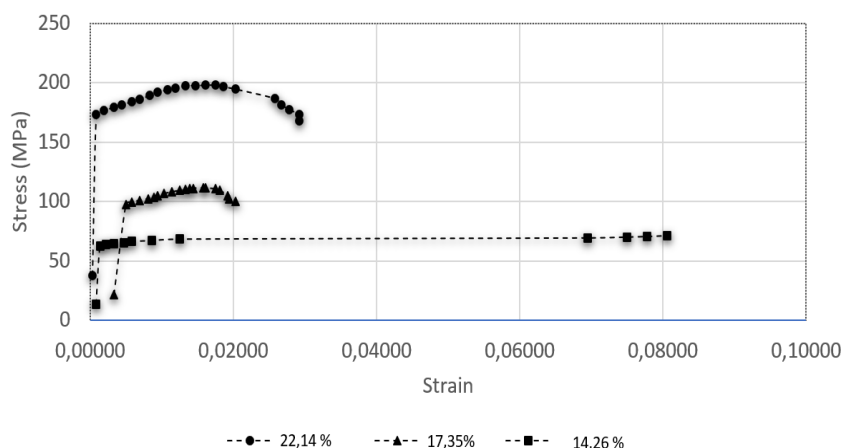
Tabel 3 merupakan data hasil pengujian tarik untuk setiap masing-masing persentase reduksi dengan gaya sebesar 200 kg.

Tabel 1. Data hasil uji tarik

No.	Persentase Reduksi	<i>Ultimate Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Yield Strength (MPa)</i>
	22,14%	197.815	176.379
	17,35%	111.271	100.926
	14,26%	71.005	64.593

Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik dan kekerasan kawat tertinggi terjadi pada persentase reduksi tertinggi (22,14%). Hal ini disebabkan karena *shear stress* yang terjadi pada persentase reduksi 22,14% lebih tinggi dibandingkan pada saat persentase reduksi 17,35 % dan 14,26 %. Pada saat proses penarikan kawat akan mengalami peristiwa *strain hardening*, yang mana kawat akan mengalami deformasi plastis dan tidak bisa kembali lagi ke posisi semula. Hal ini karena tegangan yang diterima kawat lebih besar dari kekuatan luluh material baja AISI 1006. Semakin tinggi tegangan yang di terima kawat maka akan semakin tinggi nilai kekuatan dan kekerasan kawat baja tersebut. Proses reduksi dapat mengubah struktur mikro kawat, meningkatkan kepadatan dan mengurangi ukuran butir kristal dalam logam. Hal ini menyebabkan meningkatnya kekuatan tarik kawat.

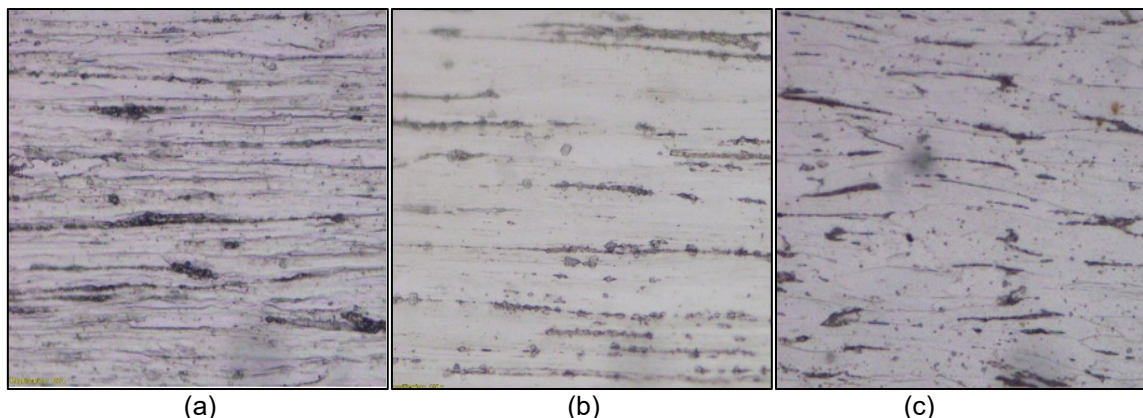
Strain- Stress Curve



Gambar 5. Kurva tegangan dan regangan hasil uji tarik kawat baja pada persentase reduksi 22,14%, 17,35%, dan 14,26%.

Pada saat proses penarikan kawat terjadi gaya aksi dan reaksi kawat, gaya aksi yaitu gaya yang terjadi pada *die* saat dilakukan proses penarikan, sedangkan gaya reaksi adalah gaya yang di terima kawat pada saat terjadi proses penarikan. Selain itu, proses penarikan kawat baja berpengaruh terhadap struktur mikro pada kawat. Apabila terjadi peristiwa *strain hardening* pada suatu material akan menyebabkan pergeseran atom-atom yang ada pada logam tersebut (Wijaya, Tobing, & Sutanto, 2018). Hal ini menyebabkan atom yang ada sulit untuk kembali ke posisi semula. Hal inilah yang dinamakan dengan deformasi plastis. Hal ini juga yang menyebabkan semakin tinggi persentase reduksi semakin tinggi nilai kekuatan dan kekerasan material baja AISI 1006.

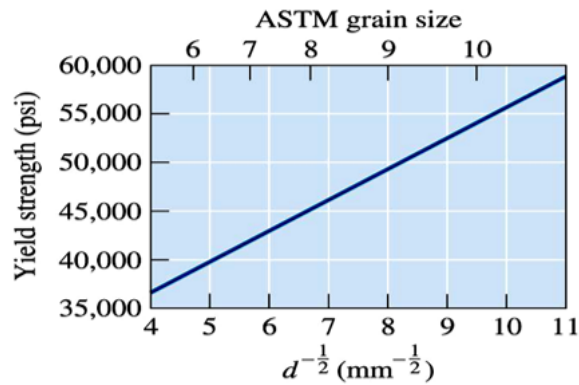
3.3 Struktur Mikro



Gambar 6. Struktur mikro kawat dengan persentase reduksi (a) 22,14%; (b) 17,35%; (c) 14,26%

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat perbedaan struktur mikro yang terjadi akibat proses penarikan kawat dengan berbagai macam persentase reduksi. Pada gambar 6(a) jarak antar atom tidak terlalu jauh dari titik *equilibriumnya* dibandingkan dengan gambar 6 (b) dan (c). Hal ini juga terlihat perbedaan ukuran butir akan tetapi luas masing-masing butir sama di setiap tahapan. Semakin tinggi persentase reduksi maka ukuran butir dan bentuk butir akan semakin terlihat rata dan memanjang. Hal ini disebabkan pengurangan diameter selama proses menggambar kawat yang menghasilkan gaya reaksi yang menekan butir ke arah pusat kawat (Wahid, 1742).

Dari hal di atas peningkatan kekuatan dan kekerasan terjadi karena perbedaan tegangan yang diterima oleh kawat pada masing-masing tahapan reduksi juga disebabkan karena pengaruh ukuran butir yang terjadi pada kawat. Material baja AISI 1006 akan mengalami peningkatan kekuatan karena deformasi plastis yang mengakibatkan terjadinya dislokasi. Semakin kecil ukuran butir maka akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan kawat. Hal ini digambarkan pada kurva di bawah ini gambar 7 (Wijaya, Tobing, & Sutanto, 2018)



Gambar 7. Hubungan ukuran butir dengan kekuatan (sumber: Calister *tenth edition*)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat dilihat semakin tinggi persentase reduksi nilai kekerasan dan kekuatan kawat juga semakin tinggi. Kawat dengan persentase reduksi 22,14%, 17,35% dan 14,26% nilai kekerasan kawat yaitu 260 HV, 257 HV dan 248 HV. Sedangkan nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS) tertinggi adalah 197 MPa dengan persentase reduksi 22,14%. Hal ini dapat dijelaskan dari struktur mikro kawat dalam setiap tahap pengecilan. Semakin tinggi persentase reduksi kawat maka jarak antar atom kecil. Bentuk butir pada kawat dengan persentase reduksi tinggi adalah lebih memanjang, rapat dan lebih padat dibandingkan dengan kawat dengan persentase reduksi rendah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini. Dan juga terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung yang telah memberi izin kepada penulis untuk menggunakan peralatan untuk melakukan penelitian. Semoga hasil penelitian bisa digunakan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Avitzur, B. (1964). Analysis of Wire Drawing and Extrusion Through Conical Dies of Large Cone Angle. *Manufacturing Science and Engineering* (pp. 305-314). The American Society of Mechanical Engineer.
- Febrianti, D. (2016). Influence Increased Reduction in The Microstructure and Mechanical Properties of Brass Alloys cu-zn 70/30 after The Warm Rolling Process at 400°C. *MRI*, 10(3).
- Hasan, A. K., & Hashim, A. S. (2015). Three Dimensional Finite Element Analysis of Wire Drawing Process. *Universal Journal of Mechanical Engineering* 3, 71-82.
- Li, G., Shuang, Y., Sun, S., & Ding, S. (2017). Wear Mechanism and Performance of Abrasively Ground Polycrystalline Diamond Tools of Different Diamond Grains in Machining Titanium Alloy. *Journal of Manufacturing Processes*(29), 320-331.
- M. Firman, M. D. (2015). Analysis Tensile Strenght and Roughness of Wire Drawing to Percentage Reduction of Copper. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Jember*, 1-5.
- Manurung, V., Wibow, Y., & Baskoro, S. (2020). *Panduan Metalografi*. Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra.
- Martawirya, Y. Y. (2004). *Ekstrusi dan Penarikan*. Bandung: ITB.
- Martina, D. S. (2017). *Percentage reduction of Copper Materal Moated Monel of Wire Drawing of Mechanical Properties*. Cimahi: Jenderal Ahmad Yani University.
- Mathur, K. K., Dawson, P. R., & . (1990). Texture Development During Wire Drawing. *Journal of Engineering Materials and Technology*, 292-297.

- Moon, C., & Kim, N. (2012). Analysis of wire-drawing process with friction and thermal conditions obtained by inverse engineering. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2903–2911.
- Steel, P. K. (2019). *The Composition Of AISI 1006 Steel*. Serang, Banten: PT Kabatama Raya Wire Industry.
- Sutrimo. (2015). *Bahan Ajar Teknik Pembentukan*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Wahid, S. (1742). *Pengetahuan Bahan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wijaya, A., Tobing, S., & Sutanto, H. (2018). Optimasi Sudut Die, Rasio Reduksi, dan Panjang Bearing Terhadap Tegangan Penarikan Kawat Aluminium dengan Finite Element Method. *Manufacture Research*, 22.
- Zidani, M., Messaoudi, S., Dendouga, F., Baudin, T., Derfouf, C., Boulagroun, A., & Mathon, M. (2012). Study of the Relation between Microstructure and Properties (Mechanical/Electrical) of Copper Wire Drawing and Annealed. *Proceedings of the 2nd International Congress APMAS2012* (pp. 470-472). Antalya, Turkey: ACTA PHYSICA POLONICA A.