



CivETech

Civil Engineering and Technology Journal

P-ISSN 2798-4869

E-ISSN 2798-4060



CivETech
Civil Engineering and Technology Journal

Vol. 7

No. 2

Yogyakarta, Agustus 2025

P-ISSN 2798-4869
E-ISSN 2798-4060

Fakultas Teknik- Universitas Cokroaminoto Yogyakarta



Vol. 7. No. 2, Agustus 2025

Pelindung:
Dekan Fakultas Teknik UCY

Pemimpin Redaksi:
Ir. Muchamad Arif Budiyanto, S.T., M.Eng., IPM.

Redaksi Pelaksana:
Ratih Nurmala Saridewi, S.T., M.Eng
Cahyaning Kilang Permatasari, S.Pd., M.T.
Ir. Suryanto, M.T.
Ir. Singgih Subagyo, M.T.
Fahrudin Hanafi, S.Si., M.Sc.
Agatha Padma Laksitaningtyas S., S.T., M.Eng.
Ir. Nasrul Arfianto, S.T., M.T., IPP
Dr. Ir. Muslih, M.Sc., M.Phil.
Muhammad Ryan Iskandar, S.T., M.Eng.
Ir. Nurokhman, M.T.
Fattah Setiawan Santoso, S.Ag., M.Ag.
Muhamad Arifin, S.T., M.Eng.

Mitra Bestari:
Dr. Rossy Armyn Machfudiyanto, S.T., M.T.
Dr.Ir. Herry Kristiyanto, S.T., M.T., IPM.
Dr. Adhy Kurniawan, S.T.
Dr. Devi Oktafiana Latif, S.T., M.Eng.
Zainul Faizen Haza, M.T., Ph.D.
Dr. Roby Hambali, S.T., M.Eng.
Ir. Nurokhman, M.T.
Dr. Ananto Nugroho, S.T., M.Eng.

Penerbit:
Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Alamat Redaksi:
Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta
Jl. Perintis Kemerdekaan, Gambiran, Yogyakarta 55161
Telp. (0274) 372274
e-mail: civetechjournal@gmail.com

Jurnal CivETech terbit perdana pada Februari 2019. Jurnal ini memuat tulisan ilmiah, hasil penelitian, atau ide/gagasan orisinal yang belum pernah dimuat pada media cetak lain. Redaksi menerima tulisan sesuai dengan ketentuan naskah. Jurnal CivETech diterbitkan 2 (dua) kali setahun pada bulan Februari dan Agustus, , diterbitkan secara online dan akses terbuka dengan Elektronik dengan P-ISSN 2798-4869 dan E-ISSN 2798-4060.

STUDI NUMERIK PENGARUH LEBAR SPESIMEN TERHADAP SIFAT TARIK AISI 1010 MENGACU PADA ASTM E8

Iskandar Yasin^{1*}, Andi Ibrahim Soumi²

Email : iskandaryasin@ustjogja.ac.id, andi.soumi@ustjogja.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi lebar spesimen terhadap sifat mekanik tarik baja karbon rendah AISI 1010 melalui pendekatan simulasi numerik berbasis metode elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench. Spesimen uji tarik dimodelkan dalam bentuk dog-bone sesuai standar ASTM E8 dengan dua variasi lebar daerah ukur, yaitu 6 mm (sub-size specimen) dan 12.5 mm (standard specimen). Parameter material dimasukkan berdasarkan data sifat mekanik AISI 1010, sedangkan pembebanan diberikan dalam bentuk kendali perpindahan aksial pada ujung penjepit. Hasil simulasi menunjukkan bahwa spesimen dengan lebar 12.5 mm memiliki tegangan maksimum dan deformasi plastis yang lebih tinggi serta distribusi regangan yang lebih homogen dibandingkan spesimen 6 mm. Sebaliknya, spesimen berlebar 6 mm cenderung mengalami konsentrasi regangan pada daerah transisi fillet-gage sehingga kekuatan tarik yang diperoleh lebih rendah. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan lebar spesimen sesuai standar ASTM E8 berperan penting dalam memperoleh hasil uji tarik yang representatif dan akurat. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperkuat pemahaman mengenai pengaruh geometri spesimen terhadap karakterisasi sifat mekanik material serta menjadi rujukan bagi penelitian dan pengujian lanjutan yang menggunakan pendekatan simulasi numerik.

Kata kunci: AISI 1010, ASTM E8, Metode Elemen Hingga, Uji Tarik, Struktur

1. PENDAHULUAN

Pengujian tarik merupakan salah satu metode paling fundamental dalam rekayasa material untuk menentukan sifat mekanik seperti modulus elastisitas, tegangan luluh, dan kekuatan tarik maksimum (Mohammed, Haris, & Al Azzawi, 2020). Baja karbon rendah, khususnya AISI 1010, banyak digunakan dalam industri otomotif, konstruksi, dan permesinan karena harganya relatif murah, mudah dibentuk, serta memiliki kombinasi kekuatan dan daktilitas yang baik (Alharbi, Ahmad, Ali, & Bariq, 2024).. Modulus elastisitas baja karbon rendah umumnya berada pada kisaran 190–210 GPa, sehingga sesuai untuk aplikasi struktural dengan kebutuhan kekakuan sedang (Callister & Rethwisch, 2014).

Selain itu, kekuatan tarik AISI 1010 berkisar antara 310–370 MPa, yang menjadikannya salah satu material standar untuk studi simulasi mekanik (Meyers & Chawla, 2009). Dimensi spesimen dalam uji tarik sangat memengaruhi hasil pengujian mekanik (Banabic, 2010). Variasi lebar spesimen diketahui dapat memengaruhi distribusi regangan dan mempercepat terjadinya necking pada dimensi tertentu (Lee, Kim, & Lee, 2011). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa spesimen dengan lebar lebih kecil cenderung menghasilkan kekuatan tarik yang lebih rendah akibat adanya konsentrasi regangan (Singh, Kumar, & Gupta, 2014). Sebaliknya, spesimen dengan lebar lebih besar memungkinkan deformasi yang lebih homogen di sepanjang daerah ukur (Thompson, 2012).

Standar ASTM E8 banyak digunakan dalam uji tarik untuk memastikan keakuratan hasil pengujian (ASTM International, 2021). ASTM E8 juga merekomendasikan variasi ukuran spesimen, termasuk spesimen sub-size dengan lebar 6 mm dan spesimen standar dengan lebar 12.5 mm (ASTM International, 2020).

1) Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

2) Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa



Namun, pengaruh variasi dimensi spesimen terhadap hasil simulasi uji tarik masih menjadi perdebatan dalam penelitian numerik dan eksperimental (Koç & Altan, 2005). Beberapa studi menyimpulkan bahwa pengaruh lebar sangat signifikan pada tahap plastis, terutama saat mendekati regangan patah (Xie & Ke, 2014).

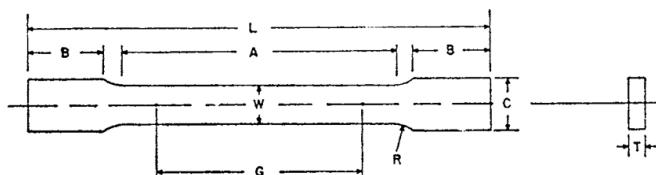
Metode elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) menjadi pendekatan populer untuk memodelkan uji tarik karena mampu merepresentasikan distribusi tegangan dan regangan secara detail (Yang, Li, & Zhao, 2013). FEA juga memungkinkan eksplorasi efek variasi geometri tanpa harus melakukan pengujian fisik berulang-ulang (Hoffman, 2011). Studi simulasi sebelumnya telah membuktikan bahwa FEA dapat memprediksi perilaku tarik baja karbon dengan akurasi tinggi jika data material yang digunakan valid (Smith & Lee, 2010). Pada baja AISI 1010, pemodelan numerik juga telah dimanfaatkan untuk mengestimasi parameter konstitutif melalui pendekatan analisis invers (Singh, Sharma, & Patel, 2017).

Pengaruh ukuran spesimen terhadap fenomena deformasi plastis tidak hanya terbatas pada baja, tetapi juga dilaporkan pada aluminium (Jin, Kim, & Kim, 2011), paduan superplastik (Lee & Hyon, 2008), dan material komposit (Smith & Jones, 2009). Hal ini menunjukkan bahwa efek dimensi merupakan faktor universal yang perlu diperhitungkan dalam pengujian maupun simulasi mekanik (Salviato, Kirane, & Bažant, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada kajian numerik perilaku tarik baja karbon rendah AISI 1010 dengan variasi lebar spesimen 6 mm dan 12.5 mm sesuai standar ASTM E8. Melalui pendekatan simulasi berbasis metode elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA), studi ini bertujuan untuk mengevaluasi secara komprehensif pengaruh variasi lebar spesimen terhadap respon mekanik material, meliputi distribusi tegangan, regangan, serta deformasi total. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam memperkuat pemahaman mengenai peran dimensi spesimen terhadap akurasi hasil uji tarik, sekaligus menyediakan rekomendasi praktis bagi peneliti maupun praktisi dalam pemilihan spesimen uji yang representatif dan sesuai standar internasional.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilaksanakan melalui simulasi numerik menggunakan Ansys Workbench dengan modul Static Structural. Spesimen uji tarik dimodelkan sesuai standar ASTM E8, dengan parameter utama yang divariasi adalah lebar daerah ukur (gauge width). Dua variasi lebar digunakan, yakni 6 mm (sub-size specimen) dan 12.5 mm (standard specimen), sementara dimensi lain seperti panjang ukur, ketebalan, radius fillet, serta panjang penjepit dijaga tetap sesuai ketentuan standar. Gambar 1 menunjukkan model specimen uji Tarik ASTM E8. Pemodelan dilakukan pada lingkungan DesignModeler dengan pemberian named selections untuk memudahkan penerapan kondisi batas dan pengolahan hasil.



Gambar 1. Model Uji Tarik ASTM E8

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah AISI 1010, yang dimodelkan sebagai material elastoplastik isotropik dengan kriteria luluh von Mises dan *isotropic hardening*. Material properties disampaikan pada tabel 1. Data sifat elastis material dimasukkan melalui modulus elastisitas dan rasio Poisson, sedangkan sifat plastis diperoleh dari kurva tegangan-regangan sejati yang diolah dari literatur atau data uji tarik yang tersedia. Kurva ini diinput ke dalam Ansys dalam bentuk tabel hubungan tegangan sejati-regangan plastis sejati untuk menggambarkan perilaku nonlinier material secara lebih realistik.

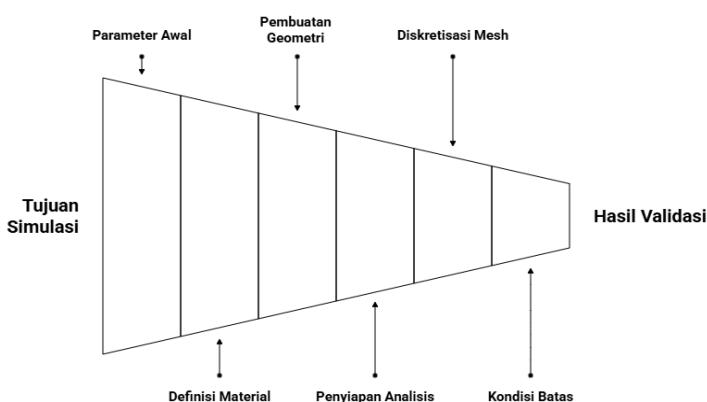
Tabel 1. Material properties AISI 1010 (AZoM, 2012)

Properti	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	190 – 210	GPa
Rasio Poisson	0,27 – 0,30	–
Yield Strength (Tegangan Luluh)	~305	MPa
Ultimate Tensile Strength (UTS)	~365	MPa
Elongation at Break (Regangan Patah)	~20	%
Density (Massa Jenis)	~7,87	g/cm ³

Diskretisasi dilakukan menggunakan elemen solid tiga dimensi dengan pemasangan mesh pada daerah transisi fillet dan zona ukur. Uji independensi mesh dilakukan dengan membandingkan hasil pada tiga tingkat kerapatan elemen. Mesh akhir dipilih ketika perbedaan hasil antara dua tingkat kerapatan berturut-turut berada di bawah 5% untuk parameter utama seperti tegangan maksimum dan kekakuan awal.

Kondisi batas diterapkan dengan menjepit penuh permukaan bawah spesimen, sementara permukaan atas diberi Remote Displacement searah sumbu aksial untuk menirukan proses penarikan. Pemutaran diberikan dalam bentuk kendali perpindahan hingga spesimen mengalami deformasi plastis. Translasi lateral dicegah untuk menghindari rigid body motion, sedangkan rotasi dibiarkan bebas agar tidak menimbulkan kekangan artifisial.

Selama simulasi, gaya reaksi pada ujung penjepit dicatat untuk menghitung tegangan rekayasa, sedangkan regangan diperoleh dari perpanjangan daerah ukur relatif terhadap panjang awal. Hasil keluaran utama berupa kurva tegangan-regangan, modulus elastisitas, tegangan luluh, kekuatan tarik maksimum, dan regangan seragam. Selain itu, distribusi regangan longitudinal pada daerah ukur diamati untuk mengevaluasi homogenitas deformasi pada kedua variasi lebar.

**Gambar 2.** Alur simulasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan kurva tegangan-regangan hasil simulasi untuk spesimen dengan lebar standar 12,5 mm terhadap data eksperimental AISI 1010 dari literatur. Perbedaan nilai modulus elastisitas dan tegangan luluh pada rentang elastis awal dijaga tidak melebihi 10%. Hasil dari kedua variasi lebar selanjutnya dianalisis secara komparatif untuk mengidentifikasi pengaruh dimensi spesimen terhadap estimasi sifat tarik material.

Tegangan rekayasa (σ_{eng}) dihitung dengan membagi gaya tarik total (F) yang terbaca pada reaksi penjepit terhadap luas penampang awal (A_0) sehingga diperoleh:

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_0}, \quad (1)$$

$$A_0 = w \times t \quad (2)$$

dengan w adalah lebar spesimen pada daerah ukur dan t adalah ketebalan spesimen.

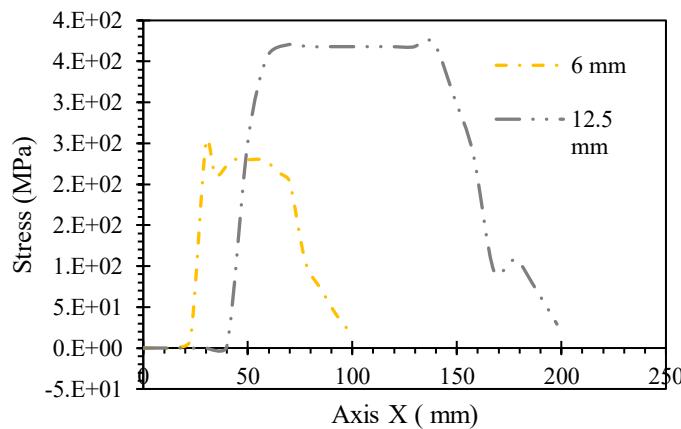
Sementara itu, regangan rekayasa (ε_{eng}) ditentukan dari perubahan panjang ukur (ΔL) yang terbaca dari total perpindahan aksial, dibandingkan dengan panjang ukur awal (L_0), dirumuskan sebagai:

$$\varepsilon_{eng} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

Dengan demikian, kurva tegangan-regangan rekayasa dibangun dari pasangan nilai (σ_{eng} , ε_{eng}) pada setiap langkah pembebangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

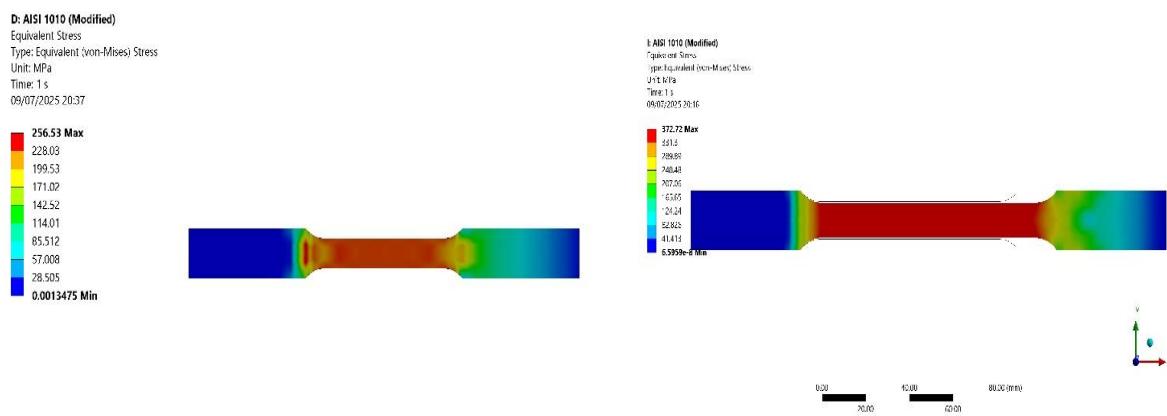
Simulasi uji tarik numerik terhadap baja karbon rendah AISI 1010 dengan variasi lebar spesimen 6 mm dan 12.5 mm menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam respons mekaniknya. Pada kurva tegangan-regangan, spesimen dengan lebar 12.5 mm mampu mencapai tegangan maksimum hingga sekitar 372 MPa, sedangkan spesimen 6 mm hanya mencapai tegangan puncak sekitar 256 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen berukuran standar (12.5 mm) memiliki kemampuan menahan beban tarik yang lebih tinggi, sekaligus mendekati nilai tipikal *ultimate tensile strength* AISI 1010 yang dilaporkan dalam literatur internasional (sekitar 365–370 MPa). Sebaliknya, spesimen dengan lebar lebih kecil (6 mm) mengalami penurunan kapasitas tarik yang signifikan, yang dapat dikaitkan dengan luas penampang yang lebih sempit serta distribusi regangan yang kurang homogen.



Gambar 3. Tegangan terhadap sumbu X

Distribusi tegangan von Mises memperkuat temuan ini. Pada spesimen 6 mm, tegangan maksimum terkonsentrasi pada transisi fillet–gage, dengan warna merah dominan yang relatif terbatas dan menunjukkan terjadinya konsentrasi regangan yang tinggi di area tertentu. Fenomena ini cenderung mempercepat terjadinya deformasi plastis lokal, sehingga menurunkan kekuatan tarik total. Sebaliknya, pada spesimen 12.5 mm, distribusi tegangan terlihat lebih merata sepanjang zona ukur, dengan area merah yang lebih luas dan homogen. Hal ini mengindikasikan deformasi plastis yang lebih seragam, sehingga memungkinkan spesimen mempertahankan beban tarik lebih tinggi sebelum terjadinya penurunan kekuatan.

Secara keseluruhan, hasil ini mengonfirmasi bahwa dimensi lebar spesimen memiliki pengaruh penting terhadap hasil simulasi uji tarik. Spesimen dengan lebar standar 12,5 mm tidak hanya lebih representatif terhadap sifat tarik intrinsik material AISI 1010, tetapi juga menunjukkan kesesuaian yang lebih baik dengan data literatur. Sementara itu, spesimen berlebar 6 mm cenderung menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih rendah akibat efek geometrik dan konsentrasi regangan. Implikasi dari hasil ini adalah pentingnya pemilihan dimensi spesimen yang sesuai dengan standar ASTM E8 dalam simulasi maupun pengujian eksperimental, agar data sifat mekanik yang diperoleh benar-benar merefleksikan perilaku material secara akurat.



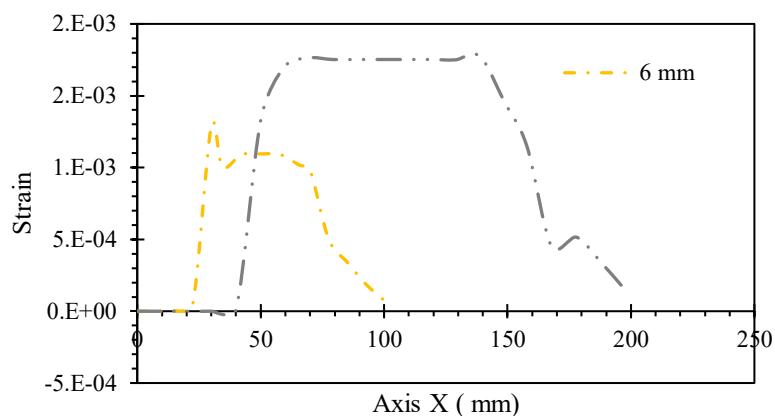
Gambar 4. Kontur Tegangan Specimen Uji Tarik Dengan Variasi Perbedaan Width
(a) 6mm; (b) 12.5 mm

Hasil simulasi distribusi regangan pada spesimen dengan lebar 6 mm dan 12,5 mm memperlihatkan perbedaan yang cukup jelas, baik pada kurva regangan maupun pola distribusi regangan setara (von Mises strain). Pada kurva hasil simulasi, spesimen dengan lebar 12,5 mm menunjukkan regangan maksimum yang lebih tinggi dengan nilai mendekati



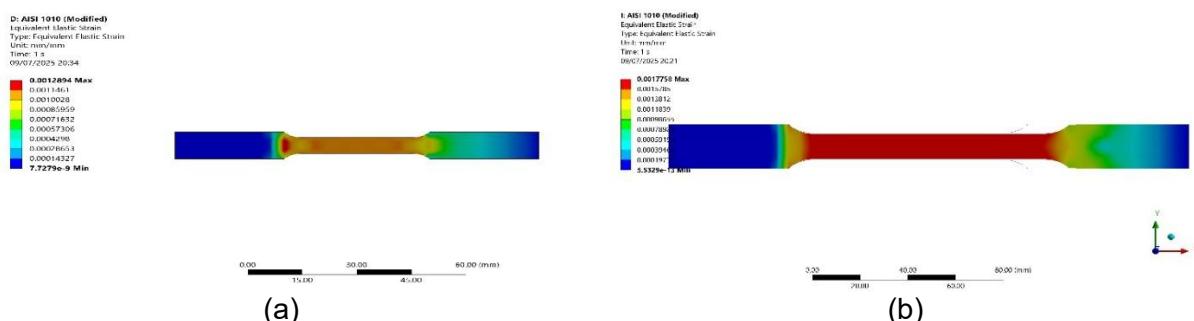
1.77×10^{-3} , sedangkan spesimen dengan lebar 6 mm hanya mencapai sekitar 1.29×10^{-3} . Perbedaan ini mengindikasikan bahwa spesimen berukuran lebih besar mampu menahan deformasi plastis yang lebih besar sebelum mengalami penurunan kapasitas, sementara spesimen yang lebih kecil cenderung mengalami konsentrasi regangan lebih awal yang memicu kegagalan dini.

Distribusi regangan pada kontur simulasi juga mendukung temuan tersebut. Pada spesimen dengan lebar 6 mm, regangan maksimum terkonsentrasi pada daerah transisi antara fillet dan *gage length*, dengan area merah yang relatif sempit. Hal ini menandakan bahwa deformasi plastis tidak terdistribusi secara merata, melainkan terlokalisasi pada titik kritis, yang selanjutnya dapat memicu terbentuknya *necking* lebih cepat. Sebaliknya, pada spesimen berlebar 12.5 mm, area dengan intensitas regangan tinggi (zona merah) terlihat lebih luas dan homogen di sepanjang daerah ukur. Hal ini menunjukkan deformasi yang lebih seragam dan kapasitas spesimen untuk mendistribusikan regangan secara lebih baik, sehingga mampu mempertahankan beban tarik lebih lama.



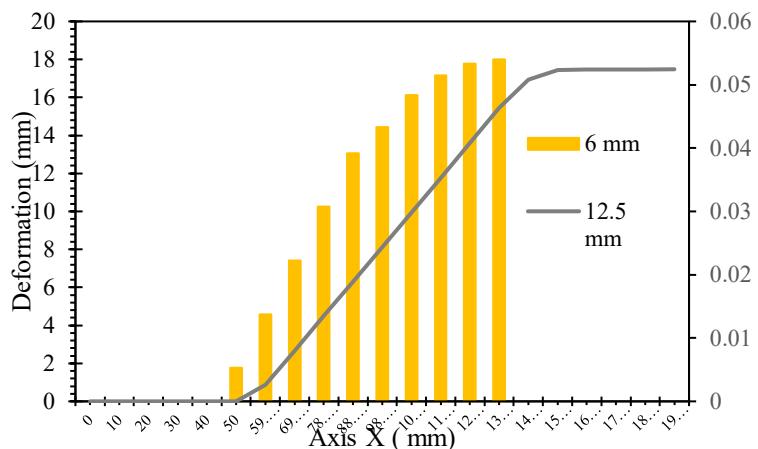
Gambar 5. Regangan terhadap sumbu X

Secara komparatif, hasil simulasi memperlihatkan bahwa ukuran lebar spesimen memiliki pengaruh penting terhadap distribusi regangan dan karakteristik deformasi. Spesimen berukuran lebih kecil menghasilkan data regangan yang lebih rendah dan distribusi yang kurang merata, sehingga tidak sepenuhnya mencerminkan perilaku material sebenarnya. Sebaliknya, spesimen berlebar standar 12.5 mm memberikan hasil yang lebih representatif dengan perilaku regangan yang sejalan dengan data literatur AISI 1010. Hal ini mempertegas pentingnya pemilihan dimensi spesimen sesuai standar ASTM E8 agar simulasi maupun pengujian mampu memberikan gambaran sifat mekanik material yang akurat dan dapat diandalkan.



Gambar 6. Kontur regangan spesimen uji tarik dengan variasi perbedaan width
(a) 6mm; (b) 12.5 mm

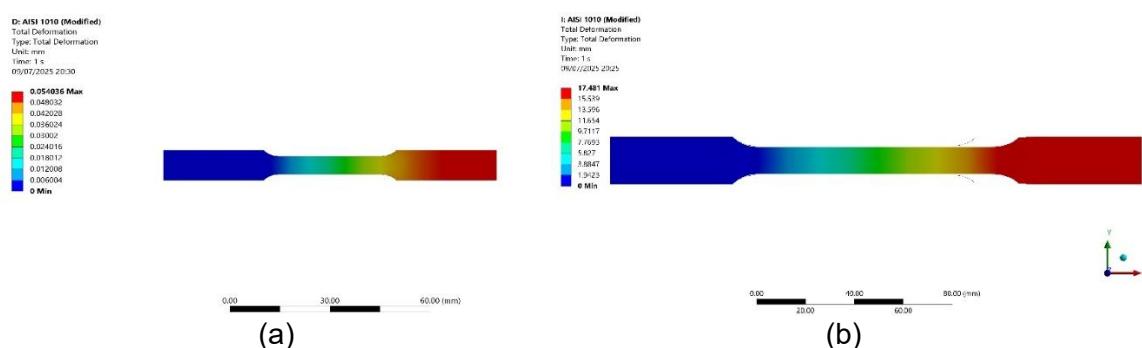
Analisis deformasi total menunjukkan adanya perbedaan yang mencolok antara spesimen dengan lebar 6 mm dan 12,5 mm. Berdasarkan grafik dan kontur hasil simulasi, spesimen dengan lebar 6 mm memperlihatkan deformasi maksimum yang lebih kecil, yaitu sekitar 0.054 mm, sedangkan spesimen dengan lebar 12,5 mm mengalami deformasi total jauh lebih besar, mencapai 17.48 mm pada kondisi pembedahan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen berukuran lebih besar mampu menampung deformasi plastis yang lebih ekstensif sebelum mencapai kondisi kritis, sedangkan spesimen kecil cenderung kaku dan cepat mencapai batas deformasinya.



Gambar 7. Deformasi terhadap Sumbu X

Distribusi deformasi pada kontur warna juga memperkuat temuan tersebut. Pada spesimen 6 mm, zona deformasi terkonsentrasi di area transisi fillet dengan perubahan warna yang relatif cepat dari biru ke merah, menandakan konsentrasi deformasi lokal. Sebaliknya, pada spesimen 12,5 mm, pola deformasi menyebar secara lebih merata sepanjang daerah ukur dengan gradasi warna yang lebih halus. Hal ini menandakan deformasi global yang lebih homogen, sejalan dengan hasil regangan dan tegangan sebelumnya yang menunjukkan performa lebih stabil pada spesimen dengan dimensi standar.

Perbedaan ini menegaskan pengaruh signifikan dimensi lebar spesimen terhadap hasil simulasi uji tarik. Spesimen berlebar kecil (6 mm) tidak hanya mengalami keterbatasan dalam kapasitas menahan tegangan, tetapi juga menunjukkan perilaku deformasi yang kurang representatif terhadap sifat asli material. Sebaliknya, spesimen berlebar 12,5 mm sesuai standar ASTM E8 mampu memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai perilaku deformasi AISI 1010, dengan nilai deformasi yang lebih realistik dan distribusi regangan yang lebih merata. Temuan ini konsisten dengan literatur yang menekankan pentingnya pemilihan geometri spesimen sesuai standar agar karakterisasi sifat mekanik material dapat diperoleh secara valid.



Gambar 8. Kontur deformasi specimen uji tarik dengan variasi perbedaan width
(a) 6mm; (b) 12.5 mm

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah melakukan simulasi numerik uji tarik baja karbon rendah AISI 1010 dengan dua variasi lebar spesimen, yaitu 6 mm (sub-size specimen) dan 12.5 mm (standard specimen) sesuai standar ASTM E8, menggunakan metode elemen hingga pada perangkat lunak Ansys. Hasil simulasi menunjukkan bahwa lebar spesimen berpengaruh signifikan terhadap perilaku tarik material. Spesimen berlebar 12.5 mm mampu menahan beban tarik lebih tinggi dengan nilai tegangan maksimum yang mendekati data literatur, serta menunjukkan distribusi tegangan dan regangan yang lebih homogen pada daerah ukur. Sebaliknya, spesimen berlebar 6 mm cenderung mengalami konsentrasi regangan pada daerah transisi fillet gage, sehingga kapasitas tarik yang diperoleh relatif lebih rendah dan deformasi lebih terlokalisasi.

Analisis deformasi total juga memperkuat temuan tersebut, di mana spesimen berlebar 12.5 mm memperlihatkan kemampuan deformasi plastis yang lebih besar dan merata dibandingkan spesimen berlebar 6 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa spesimen standar lebih representatif dalam menggambarkan perilaku tarik intrinsik AISI 1010. Dengan demikian, pemilihan lebar spesimen yang sesuai dengan standar uji menjadi faktor penting dalam memperoleh data sifat mekanik yang akurat, baik pada pengujian eksperimental maupun simulasi numerik.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa variasi geometri spesimen, khususnya lebar daerah ukur, merupakan parameter kritis yang harus dipertimbangkan dalam desain pengujian tarik. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam mendukung validitas karakterisasi mekanik baja karbon rendah, serta dapat menjadi acuan untuk penelitian lanjutan yang mengkaji pengaruh parameter geometrik lainnya, seperti panjang ukur dan ketebalan spesimen.

5. UCAPAN TERIKAMASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Mohammed, A. A., Haris, S. M., & Al Azzawi, W. (2020). Estimation of the ultimate tensile strength and yield strength for the pure metals and alloys by using the acoustic wave properties. *Scientific Reports*, 10(1), 12499. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69387-z>
- Alharbi, S. O., Ahmad, S., Gul, T., Ali, I., & Bariq, A. (2024). The corrosion behavior of low carbon steel (AISI 1010) influenced by grain size through microstructural mechanical. *Scientific Reports*, 14(1), Article 47744. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47744-y>
- Banabic, D. (2010). Influence of specimen geometry on tensile test results. *International Journal of Material Forming*, 3(2), 123–130. <https://doi.org/10.1007/s12289-010-0791-1>
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials science and engineering: An introduction* (9th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Davis, J. R. (1990). *Metals handbook: Properties and selection – Irons, steels, and high-performance alloys*. Materials Park, OH: ASM International.
- Dieter, G. E. (1986). *Mechanical metallurgy* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Hoffman, R. B. (2011). FEA evaluation of specimen geometry influence. *Engineering Computations*, 28(3), 256–273. <https://doi.org/10.1108/0264440111118150>

- Jin, P. H., Kim, M. S., & Kim, Y. H. (2011). Effect of gage geometry on tensile behavior of aluminum alloys. *Materials Science and Engineering A*, 528(15), 5343–5348. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.03.021>
- Koç, M., & Altan, T. (2005). Prediction of tensile properties considering specimen geometry. *CIRP Annals*, 54(1), 229–232. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60088-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60088-4)
- Lee, H. J., Kim, J. H., & Lee, S. H. (2011). Effect of specimen width on tensile behavior of sheet metals. *Materials Science and Engineering A*, 528(15), 5343–5349. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.03.021>
- Lee, K., & Hyon, S. (2008). Superplastic tensile deformation and specimen geometry. *Materials Science Forum*, 594–598, 563–568. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.594-598.563>
- Meyers, M. A., & Chawla, K. K. (2009). *Mechanical behavior of materials* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Salviato, M., Kirane, M., & Bažant, Z. P. (2019). Size effect on fracture behavior of composites. *Composites Science and Technology*, 171, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.12.016>
- Singh, S. K., Kumar, A., & Gupta, V. K. (2014). Size effect in tensile testing of steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(11), 2458–2464. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.05.009>
- Singh, S. K., Sharma, P., & Patel, R. (2017). Inverse analysis of AISI 1010 using Taylor impact test. *Journal of Applied Mechanics*, 84(2), 021006. <https://doi.org/10.1115/1.4035360>
- Smith, D., & Jones, S. (2009). Specimen geometry effects on tensile strength of CFRP. *Composite Structures*, 91(2), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2009.04.006>
- Smith, J., & Lee, A. (2010). Numerical simulation of tensile behavior in low carbon steels. *Materials & Design*, 31(4), 2151–2158. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.054>
- Thompson, R. G. (2012). Gauge length influence on tensile properties. *Experimental Mechanics*, 52(2), 133–142. <https://doi.org/10.1007/s11340-011-9506-7>
- Xie, Y., & Ke, T. (2014). Geometrical influence on necking and fracture in tensile specimens. *Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 49(3), 170–182. <https://doi.org/10.1177/0309324713490531>
- Yang, Z., Li, X., & Zhao, H. (2013). Finite element modeling of tensile test for steels. *Computational Materials Science*, 70, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2012.12.004>
- AZoM. (2012, September 21). AISI 1010 carbon steel (UNS G10100) – Mechanical properties. AZoM.com. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6539>

