Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 14 No.1, April 2025

Submitted: 19-02-2025
Revised: 10-03-2025
Submitted: 11-03-2025
Revised: 10-04-2025
Accepted:14-04-2025
Published:30-04-2025

Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Sedang S45C Berdasarkan Eksperimen dan Simulasi Numerik Menggunakan SolidWorks

Indra Surya, Sofyan Ilhamsyah, Riza Muhida, Muhammad Riza, Bambang Pratowo, Kunarto, Zein Muhamad, Harjono Saputro, Mulyana

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: email.anda@ubl.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik baja karbon sedang S45C melalui pendekatan eksperimental dan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Lima spesimen baja S45C diuji menggunakan mesin uji tarik Universal Testing Machine untuk memperoleh data eksperimental, yang kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi numerik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan nilai tegangan pada beberapa spesimen, namun secara umum kedua metode pengujian ini menunjukkan tren yang sejalan. Analisis menunjukkan bahwa simulasi SolidWorks dapat digunakan sebagai metode alternatif yang efisien dalam menentukan kekuatan material tanpa mengorbankan keakuratan. Hasil ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode uji tarik yang lebih efektif untuk material baja karbon sedang dalam aplikasi industri.

Kata kunci: kekuatan tarik, baja karbon sedang, S45C, simulasi numerik, SolidWorks

1 Pendahuluan

Kebutuhan akan material logam, terutama besi dan baja, sangat penting dalam mendukung berbagai sektor industri, seperti konstruksi, otomotif, dan manufaktur. Baja karbon sedang, khususnya S45C, merupakan salah satu jenis baja yang sering digunakan karena memiliki karakteristik mekanis yang baik, meliputi kekuatan tarik, ketangguhan, dan keuletan. Kualitas mekanis material tersebut memainkan peran kunci dalam menentukan keamanan dan ketahanan komponen pada aplikasi industri.

Pengujian kekuatan tarik adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanis material. Melalui pengujian tarik, informasi tentang tegangan, regangan, dan perpanjangan maksimum suatu material dapat diperoleh. Data ini sangat penting untuk merancang komponen struktural yang mampu menahan beban kerja tertentu. Namun, pengujian fisik tidak selalu efisien karena membutuhkan waktu dan biaya yang cukup besar. Untuk itu, simulasi numerik menggunakan perangkat lunak seperti

SolidWorks menjadi alternatif yang menarik untuk memprediksi perilaku mekanis material tanpa perlu melakukan pengujian fisik secara langsung.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil uji tarik eksperimen dengan simulasi numerik pada baja karbon sedang S45C, dengan harapan dapat memberikan panduan dalam memilih metode pengujian yang efektif dan efisien. Dengan pendekatan ini, diharapkan simulasi numerik dapat memberikan hasil yang akurat dan konsisten sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada pengujian fisik. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam optimalisasi metode pengujian untuk aplikasi di berbagai industri.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Uraikan alat dan bahan yang digunakan. Alat dan bahan yang dipersiapkan yaitu sebagai berikut: Material: Baja karbon sedang S45C sebanyak lima spesimen berbentuk batang bundar yang dibuat sesuai standar ASTM E8.
Alat Uji: Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas maksimum 50 kN, digunakan untuk uji tarik eksperimental.
Perangkat Lunak: SolidWorks untuk simulasi numerik uji tarik.
Alat Pengukur: Jangka sorong digital untuk mengukur dimensi spesimen dengan akurasi tinggi

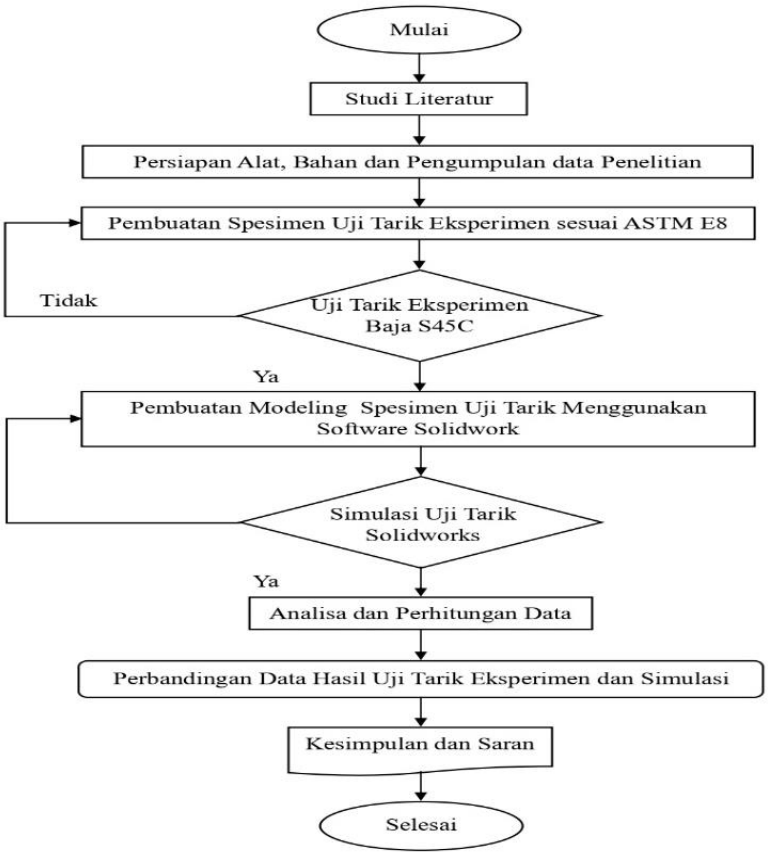
Bahan yang digunakan sebagai berikut: Baja Karbon Sedang S45C



Gambar 1. Spesimen baja karbon sedang S45C yang digunakan dalam pengujian tarik. Spesimen ini dibuat sesuai dengan standar ASTM E8 untuk memastikan kesesuaian dalam pengujian kekuatan tarik.

2.2. Metode

Penelitian ini menggunakan baja karbon sedang jenis S45C sebagai material uji utama. Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen dan simulasi numerik untuk mendapatkan hasil yang komprehensif terkait kekuatan tarik material tersebut.



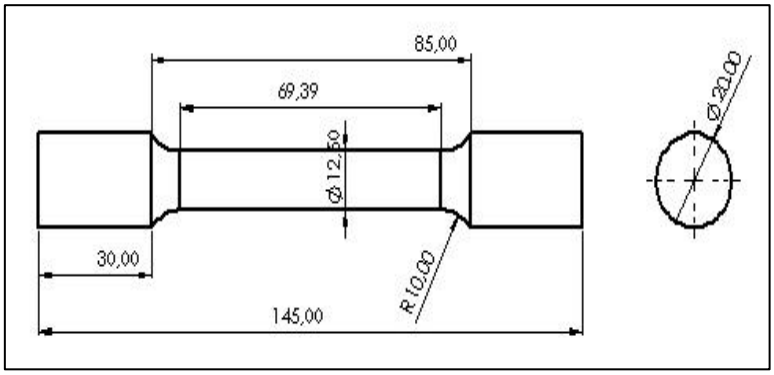
Gambar 2. Diagram Alir

Persiapan Spesimen: Spesimen baja S45C diproses menggunakan mesin bubut untuk menghasilkan dimensi standar sesuai ASTM E8. Spesimen tersebut dibuat dalam bentuk batang bundar dengan panjang dan diameter yang ditentukan untuk memastikan keseragaman dalam uji tarik.
Pengujian Tarik: Pengujian dilakukan pada lima spesimen baja S45C menggunakan UTM. Spesimen ditarik hingga mencapai titik putus untuk mengukur tegangan maksimum, regangan, dan perpanjangan material. Data dari pengujian ini digunakan sebagai acuan hasil eksperimen.

Pemodelan Geometri: Geometri spesimen dibuat menggunakan SolidWorks dengan dimensi yang sama seperti spesimen uji tarik eksperimen. Pemodelan ini mengikuti spesifikasi ASTM E8 untuk mendapatkan hasil yang akurat.
Pengaturan Material dan Kondisi Simulasi: Material baja S45C dimasukkan ke dalam perangkat lunak SolidWorks, dengan mengacu pada komposisi material dan parameter kekuatan tarik yang sesuai. Kondisi pembebanan dan penahanan diatur sesuai dengan kondisi pada uji eksperimen.
Simulasi Tarik: Simulasi uji tarik dijalankan untuk kelima spesimen dalam perangkat lunak SolidWorks. Hasil simulasi mencakup nilai tegangan (stress), regangan (strain), dan perpanjangan (elongation), yang kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen.

2.3. Rencana Desain

Berikut desain sepesimen Uji Tarik eksperimen:

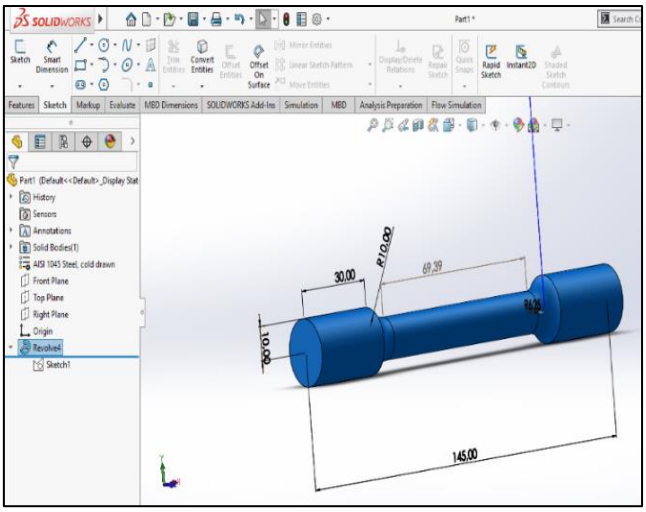


Gambar 3. Desain spesimen uji tarik dengan penampang bulat sesuai standar ASTM E8. Desain ini digunakan untuk memastikan keseragaman bentuk dan ukuran spesimen dalam pengujian tarik.

Tabel 1 Dimensi Desain Benda Uji

Spesimen Uji	Dimensi Spesimen (mm)					
	L	Lo	Lg	D	Do	R
Baja S45C	145	69	30	20	12,5	10

Berikut pemodelan simulasi uji tarik:



Gambar 4. Pemodelan simulasi uji tarik menggunakan perangkat lunak SolidWorks.

Pemodelan ini mengikuti dimensi spesimen uji tarik untuk mendapatkan hasil simulasi yang akurat.

2.4. Proses Fabrikasi

Proses fabrikasi spesimen baja karbon sedang S45C dilakukan untuk memastikan bahwa spesimen memenuhi standar ASTM E8, yang menjadi acuan dalam pengujian tarik. Proses ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

Pemotongan Material: Baja karbon sedang S45C dipotong dari batang panjang menggunakan mesin pemotong otomatis untuk mendapatkan ukuran kasar spesimen yang diinginkan. Setiap potongan dirancang sedikit lebih panjang dari spesifikasi akhir untuk memungkinkan penyesuaian presisi pada tahap selanjutnya.

Pembubutan: Setelah pemotongan awal, setiap spesimen diproses menggunakan mesin bubut untuk mencapai dimensi yang sesuai dengan standar ASTM E8. Proses pembubutan ini bertujuan untuk memperoleh bentuk dan ukuran spesimen yang seragam, serta permukaan yang halus untuk menghindari tegangan yang tidak merata selama pengujian.

Pemeriksaan Dimensi: Setiap spesimen yang telah dibubut kemudian diperiksa menggunakan jangka sorong digital untuk memastikan bahwa dimensi panjang dan diameter telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Spesimen yang tidak memenuhi toleransi akan diperbaiki atau diganti.

Pembersihan Akhir: Setelah pemeriksaan dimensi, spesimen dibersihkan untuk menghilangkan sisa material atau debu dari proses pembubutan. Pembersihan ini dilakukan menggunakan kain bebas serat agar permukaan spesimen siap untuk pengujian tarik.

Prosses pembuatan spesimen uji tarik eksperimen telah disesuaikan dengan desain yang telah dibuat dengan bahan baja S45C sebanyak 5 pcs.



Gambar 5. Proses pembuatan spesimen baja karbon sedang S45C menggunakan mesin bubut. Tahap ini memastikan spesimen memenuhi spesifikasi standar pengujian tarik.

2.5. Metoda Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik, dilakukan hingga spesimen patah untuk mendapat gaya maksimal pada tiap benda uji sehingga bisa akita masukan dalam persamaan-persamaan sebagai berikut:

1) Tegangan (Stress)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

$$(A_0 = \pi . r^2) \quad (2)$$

Keterangan :
- σ = voltage (Mpa)
- F = style
- A_0 = cross-sectional area

2) Regangan (Strain)

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$

Keterangan :
$\boldsymbol{\varepsilon}$ = starin
σ = voltage
E = elastic modulus

3) Elongation (Pertambahan Panjang)

$$\boldsymbol{\Delta}L = \frac{\sigma \times L_0}{A_0 \times E} \quad (4)$$

Keterangan :
$\boldsymbol{\Delta}L$ = Elongation (mm)
σ = voltage
A_0 = cross-sectional area
E = elastic modulus

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini diperoleh dari pengujian tarik eksperimental dan simulasi numerik menggunakan SolidWorks pada lima spesimen baja karbon sedang S45C. Pengujian ini memberikan data terkait tegangan maksimum, regangan, dan perpanjangan pada setiap spesimen. Data ini dianalisis untuk memahami perbedaan dan kesesuaian antara hasil eksperimen dan simulasi.

3.1. Hasil Uji Tarik Eksperimen

Pengujian tarik eksperimental dilakukan pada lima spesimen baja S45C menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Hasil pengujian menunjukkan variasi nilai tegangan maksimum pada tiap spesimen, yang berkisar antara 750 MPa hingga 930 MPa. Nilai regangan yang dihasilkan pada setiap spesimen berkisar antara 0,0037 hingga 0,0046. Selain itu, nilai perpanjangan (elongasi) yang diukur menunjukkan bahwa masing-masing spesimen memiliki nilai yang sedikit berbeda tetapi tetap dalam rentang yang seragam. Hasil ini menunjukkan bahwa material baja S45C memiliki konsistensi mekanis yang baik dalam hal kekuatan tarik.



Gambar 6. Spesimen baja karbon sedang S45C setelah uji tarik.

Gambar ini menunjukkan kondisi spesimen setelah mengalami tegangan maksimum hingga mencapai titik patah.

Tabel 2 Gaya Hasil Uji Tarik Eksperimen

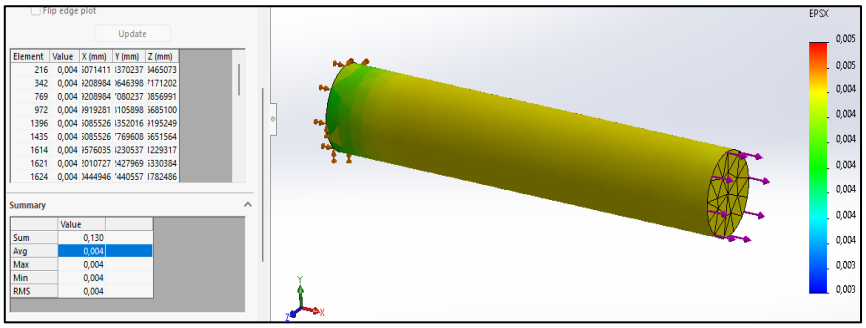
Beban Gaya	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III	Spesimen IV	Spesimen V
Newton (MPa)	112622,7	92079,1	114401,6	105714,6	112185,9

Tabel 3 Data Hasil Uji Tarik Eksperimen

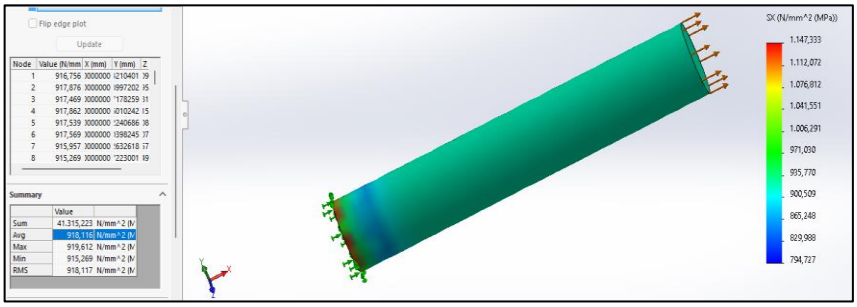
Kode Spesimen Uji	**F** (N)	**Σ** (Mpa)	**ε**	ΔL(mm)
I	112622,7	918,199	0,004	0,309
II	92079,1	750,710	0,004	0,252
III	114401,6	932,702	0,005	0,313
IV	105714,6	861,878	0,004	0.290
V	112185,6	914,638	0,004	0,308

3.2. Hasil Simulasi Uji Tarik Solidworks

Simulasi numerik uji tarik dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk memodelkan perilaku mekanis spesimen baja S45C. Hasil simulasi menunjukkan tren yang serupa dengan hasil eksperimen, dengan nilai tegangan maksimum berkisar antara 740 MPa hingga 920 MPa. Regangan yang diperoleh dari simulasi juga berada dalam rentang yang sama dengan hasil eksperimen. Simulasi ini menghasilkan data tegangan dan regangan yang konsisten dengan hasil fisik, yang menunjukkan keakuratan simulasi dalam mereplikasi pengujian tarik sebenarnya



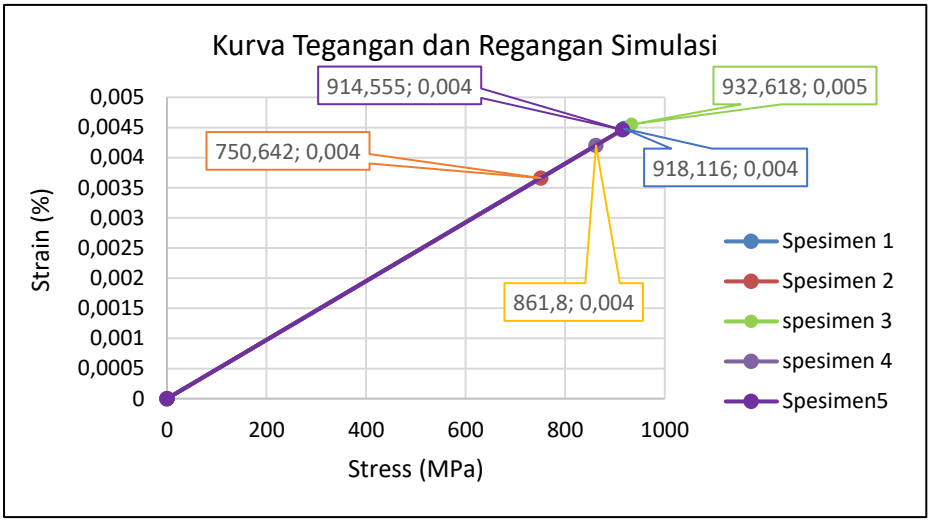
Gambar 7. Hasil nilai tegangan (stress) pada spesimen I dari simulasi uji tarik menggunakan SolidWorks.
Gambar ini menunjukkan distribusi tegangan yang terjadi pada spesimen selama pengujian.



Gambar 8. Hasil nilai regangan (strain) pada spesimen I dari simulasi uji tarik menggunakan SolidWorks.
Gambar ini menunjukkan distribusi regangan yang terjadi pada spesimen selama pengujian
Dari simulasi pengujian tarik menggunakan software solidwork yang telah dilakukan, menghasilkan nilai yang ditampilkan sebagai berikut;

Tabel 3 Statistik Hasil Uji Simulasi Solidworks

Kode Spesimen Uji	F (N)	σ (MPa)	ε (%)	ΔL (mm)
I	112622,7	918,116	0,004	0,307
II	92079,1	750,642	0,004	0,251
III	114401,6	932,618	0,005	0,312
IV	105714,6	861,800	0,004	0,289
V	112185,6	914,555	0,004	0,306



Gambar 9. Grafik hubungan regangan dan tegangan berdasarkan hasil pengujian tarik eksperimental. Grafik ini menggambarkan karakteristik mekanis spesimen S45C dalam merespon gaya tarik.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan eksperimen dan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak SolidWorks dapat digunakan secara efektif untuk mengevaluasi kekuatan tarik baja karbon sedang S45C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan, regangan, dan perpanjangan yang diperoleh melalui eksperimen dan simulasi memiliki kesesuaian yang baik, dengan perbedaan rata-rata sebesar 1–2%. Konsistensi ini menunjukkan bahwa simulasi numerik dapat menjadi alternatif yang andal dalam pengujian kekuatan tarik, terutama dalam tahap awal desain material.

Simulasi numerik terbukti memberikan hasil yang akurat dengan efisiensi yang lebih tinggi dalam hal biaya dan waktu dibandingkan pengujian fisik. Dengan demikian, metode simulasi ini dapat diandalkan dalam pemodelan kekuatan material untuk aplikasi industri, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pengujian fisik yang memerlukan sumber daya lebih besar. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan metode pengujian material yang lebih efisien dan akurat, khususnya untuk aplikasi baja karbon sedang dalam berbagai industri.contoh.

References

1. W. D. Callister, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7th ed. New York: Wiley, 2007.
2. G. E. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 1986.
3. D. R. Askeland and P. P. Phulé, *The Science and Engineering of Materials*, 5th ed. Toronto: Thomson, 2006.
4. J. F. Shackelford, *Introduction to Materials Science for Engineers*, 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2009.
5. H. Courtney, *Mechanical Behavior of Materials*, 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.
6. R. E. Reed-Hill and R. Abbaschian, *Physical Metallurgy Principles*, 3rd ed. Boston: PWS-Kent Publishing Company, 1991.
7. W. Hosford, *Mechanical Behavior of Materials*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
8. R. Budynas and J. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed. New York: McGraw-Hill, 2015.
9. B. L. Karihaloo, *Advanced Topics in Mechanics of Materials and Applied Elasticity*, New York: Springer, 1995.
10. S. Kalpakjian and S. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2014.