

Pengaruh Karbon Rendah Terhadap Uji Tarik Besi Beton D-13 Hasil Proses Thermo Mechanical Treatment

Firman Ari Ardiansyah¹⁾, Achmad Rijanto²⁾, Atika Isnaining Dyah³⁾

¹⁻³⁾Universitas Islam Majapahit, Mojokerto

Email ari.ardiansyahfirman@gmail.com

Abstrak

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi besi beton mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah proses Thermo Mechanical Treatment (TMT). Proses TMT dapat meningkatkan sifat mekanik besi beton, seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi. Kandungan karbon dalam besi beton juga mempengaruhi sifat mekaniknya. Penelitian ini dilakukan di PT Universal Steelindo Dinamika yang bertempat di Ngoro Mojokerto dan bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kandungan karbon terhadap kekuatan tarik besi beton ulir D13. Metode eksperimen digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan karbon rendah <0,25% terhadap uji tarik besi beton D13 setelah melalui proses Thermo Mechanical Treatment. SNI 2017 adalah standart yang menjadi acuan untuk produksi besi beton di Indonesia. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai uji tarik setelah proses Thermo Mechanical Treatment pada karbon rendah 0,23% untuk kekuatan tariknya sebesar 560 Mpa sedangkan kekuatan luluhnya sebesar 430 Mpa, dan nilai elongationnya adalah 17,5% dan nilai Rasionya adalah 1,30. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi karbon semakin besar kekuatan tariknya. Namun, material getas mudah putus dan nilai keuletan sangat rendah.

Kata Kunci: Besi Beton, Thermo Mechanical Treatment, Karbon, Uji Tarik.

Abstract

In recent decades, the development of reinforced steel bar technology has progressed rapidly. One of the technologies developed is the Thermo Mechanical Treatment (TMT) process. The TMT process can improve the mechanical properties of reinforced steel bars, such as tensile strength, hardness, and corrosion resistance. The carbon content in reinforced steel bars also affects their mechanical properties. This research was conducted at PT Universal Steelindo Dinamika, located in Ngoro, Mojokerto, and aims to analyze the effect of variations in carbon content on the tensile strength of deformed bar D13. An experimental method was used to determine the effect of low carbon content (<0.25%) on the tensile strength of D13 reinforced steel bars after undergoing the Thermo Mechanical Treatment process. The 2017 SNI standard serves as the reference for reinforced steel bar production in Indonesia. The results of this study showed that after the Thermo Mechanical Treatment process, the low-carbon steel (0.23% C) achieved a tensile strength of 560 MPa, a yield strength of 430 MPa, an elongation of 17.5%, and a ratio of 1.30. This study concludes that the higher the carbon content, the greater the tensile strength. However, brittle materials are more prone to fracture, and their ductility is significantly reduced.

Keywords: Reinforced Steel, Thermo Mechanical Treatment, Carbon, Tensile Test.

Pendahuluan

Besi beton merupakan adalah salah satu material struktural yang umum digunakan pada kontruksi bangunan karena kuat, awet, dan mudah pemasangannya. Besi beton ulir D13 khususnya banyak digunakan sebagai tulangan beton pada struktur bangunan tinggi,

jembatan, dan infrastruktur lainnya. Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi besi beton telah berkembang pesat. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah proses Thermo Mechanical Treatment (TMT). Proses TMT ini dapat meningkatkan sifat mekanik besi beton, seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi (Callister Jr, dkk, 2020).

Kajian mengenai perlakuan panas bertahap terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah menjadi penting. Seiring dengan kemajuan industri saat ini, khususnya di sektor konstruksi dan rekayasa, kebutuhan akan material logam memiliki peranan yang sangat vital. (Frans Robert Bethony, 2016)

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses Thermo Mechanical Treatment terhadap kekuatan tarik besi beton ulir D13 dan menganalisis pengaruh kandungan karbon rendah terhadap kekuatan tarik besi beton ulir D13.

Dari tujuan penelitian tersebut dapat dirumuskan masalahnya yaitu: Apakah proses Thermo Mechanical Treatment mempengaruhi kekuatan tarik besi beton ulir D13 dan bagaimana pengaruh kandungan karbon rendah terhadap kekuatan tarik besi beton ulir D13.

Agar permasalahan penelitian ini tidak melebar maka peneliti membuat batas masalah pada berikut, yaitu: kandungan karbon yang diteliti misalnya karbon $<0,25\%$, jenis besi beton ulir berdiameter 13 mm dan proses yang dilakukan yaitu Thermo Mechanical Treatment.

Setelah logam cair selesai dilebur dan dikontrol komposisi kimianya di Induction Furnace (IF), logam cair tersebut tidak langsung dicetak menjadi produk akhir, tetapi melalui tahapan penting dalam sistem pengecoran kontinu (Continuous Casting Process / CCM) agar menghasilkan produk setengah jadi berupa billet. Continuous Casting Process atau disingkat CCM (Continuous Casting Machine) adalah proses pengecoran logam cair secara terus-menerus menjadi bentuk padat (semi-finished product) seperti billet, bloom, atau slab. Proses ini menggantikan metode pengecoran konvensional (ingot casting) yang dilakukan secara batch, dan kini menjadi metode standar dalam industri baja modern. Proses continuous casting memungkinkan logam cair dialirkan langsung dari tundish ke dalam cetakan berpendingin (mould), di mana bagian luar logam mulai membeku, kemudian ditarik keluar secara berkelanjutan dalam bentuk padatan panjang yang disebut billet (X. Zhang, Dkk, 2020)

Thermo Mechanical Treatment (TMT) adalah proses perlakuan panas dan mekanik secara terpadu dan berurutan yang dilakukan setelah proses rolling panas (hot rolling), dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan tarik baja, memperbaiki struktur mikro, meningkatkan ketangguhan (toughness), serta memberikan ketahanan terhadap deformasi plastis. TMT mempunyai 3 valve untuk mengatur tekanan air, tekanan air di setting berdasarkan kandungan karbon dan temperature billet (Wang,Y. Dkk , 2023)

Menurut peneliti sebelumnya Baja karbon rendah merupakan jenis baja yang mengandung karbon dalam kisaran 0,1–0,3 %. Berdasarkan hasil uji tarik, tegangan maksimum sebesar 790,79 MPa diperoleh pada perlakuan tempering pada suhu 200 °C selama 45 menit. (Fransis Nico Pratama, dkk, 2022). Komposisi bahan baku mengandung carbon (C) 0,162 % material merupakan klasifikasi baja karbon rendah. Pada *heat input* 978,2 J/mm, hasil uji tarik menunjukkan tegangan tarik tertinggi sebesar 48,80 kgf/mm², dan regangan tarik sebesar 25,57 % (Faris Arifin, dkk, 2024). kuat lekat tulangan ulir D13 dengan beton mutu f'_c 25 MPa menggunakan pull-out test menghasilkan tegangan lekat $\approx 8,86$ MPa (Rahelina Ginting, 2019). Dalam penelitian untuk Ø 13 mm, kekuatan tarik rata-rata ≈ 650 N/mm², luluh ≈ 480 N/mm², elongasi $\approx 38,7$ % (Subagiyo, dkk, 2016)

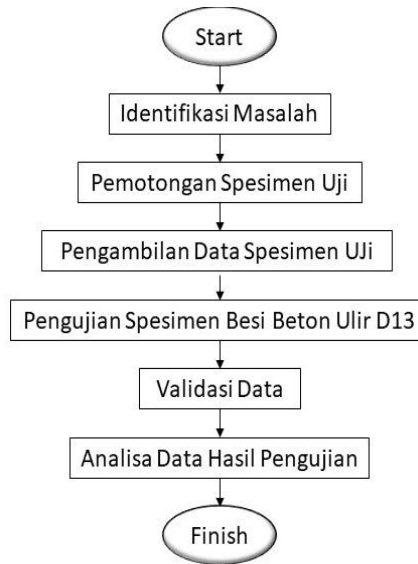
Menurut peneliti sebelumnya hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik besi beton ulir memiliki nilai tegangan tarik yang tidak terlalu signifikan perbedaannya. Tegangan tarik tertinggi diperoleh pada diameter 13 mm sebesar 891,008 N/mm², sedangkan pada diameter lainnya berturut-turut adalah 602,095 N/mm² (8 mm), 570,733 N/mm² (16 mm), dan 582,281 N/mm² (19 mm). Untuk kekuatan luluh, nilai tertinggi juga terdapat pada diameter 13 mm dengan 890,974 N/mm², kemudian diikuti oleh 449,774 N/mm² (8 mm), 398,975 N/mm² (16 mm), dan 367,599 N/mm² (19 mm). Sementara itu, regangan pada besi beton ulir cenderung menurun seiring bertambahnya diameter, dengan nilai 22,3% (8 mm), 20% (13 mm), 21% (16 mm), dan 17% (19 mm).. (Setiawan, dkk, 2020).

Metode

Metode penelitian merupakan prosedur ilmiah dalam memperoleh data guna mencapai tujuan tertentu. Pada penelitian ini, metode yang dipakai yaitu penelitian ini adalah Eksperimental. Penelitian Eksperimental merupakan jenis penelitian yang bertujuan membuktikan pengaruh suatu perlakuan terhadap akibat dari perlakuan tersebut. Arikunto menjelaskan bahwa dengan cara eksperimen, peneliti sengaja

membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan, kemudian diteliti bagaimana. Dengan demikian, penelitian eksperimen dapat dipahami sebagai metode untuk mengetahui hubungan kausalitas antara dua faktor (Arikunto, dkk, 2002).

Tahapan pelaksanaan dirancang secara berurutan, bagaimana ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Alat, meliputi; Spektrometer digunakan untuk mengukur komposisi kimia/karbon pada material yang dileburkan, Thermo Mechanical Treatment digunakan untuk proses pendinginan cepat untuk mengubah sifat mekanik material, gerinda potong digunakan untuk memotong material yang akan diuji tarik, Tensile Strength Machine digunakan untuk proses uji tarik material, computer digunakan untuk mengetahui data material yang telah dilakukan uji tarik.

b) Bahan meliputi; Besi beton ulir 13 mm hasil proses produksi pabrik baja.

1. Persiapan specimen uji.

Persiapan specimen uji adalah langkah awal dari penelitian ini yaitu besi beton ulir 13 mm hasil produksi pabrik baja.

2. Analisis kimia.

Analisis kimia dilakukan untuk menentukan kandungan karbon pada billet hasil peleburan dan Continuous Casting yang akan masuk proses Hot Rolling besi beton D13.

3. Pengujian tarik.

Uji tarik merupakan salah satu uji mekanik stress-strain yang bertujuan untuk menentukan kekuatan material terhadap gaya tarik. Melalui uji tarik ini, kita dapat mengetahui bagaimana material merespons terhadap gaya tarik dan seberapa besar material tersebut mengalami perpanjangan. Beban tarik yang diberikan pada.

4. Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan teknik yang digunakan untuk mengolah hasil penelitian agar diperoleh suatu kesimpulan. Pada penelitian ini, metode analisis data yang diterapkan adalah statistik deskriptif.

Hasil Dan Pembahasan

Dari hasil penelitian untuk pengaruh karbon rendah terhadap uji tarik besi beton D13 hasil proses Thermo Mechanical Treatment sebagai berikut:

1. Data Hasil Proses TMT Kandungan Karbon <0,25%

Dalam proses TMT (Thermo Mechanical Treatment), tekanan air dari valve (V1, V2, V3) digunakan untuk pendinginan cepat (quenching) setelah proses hot rolling, dengan fungsi:

- a) V1: Valve tekanan utama pendinginan cepat di awal (awal zona quenching).
- b) V2: Valve tekanan menengah, membantu menjaga suhu permukaan baja saat mulai masuk zona transisi.
- c) V3: Valve akhir untuk stabilisasi dan self-tempering (penyeimbangan panas dari inti ke permukaan).

Tabel 1. Kandungan karbon <0,25% untuk setting TMT

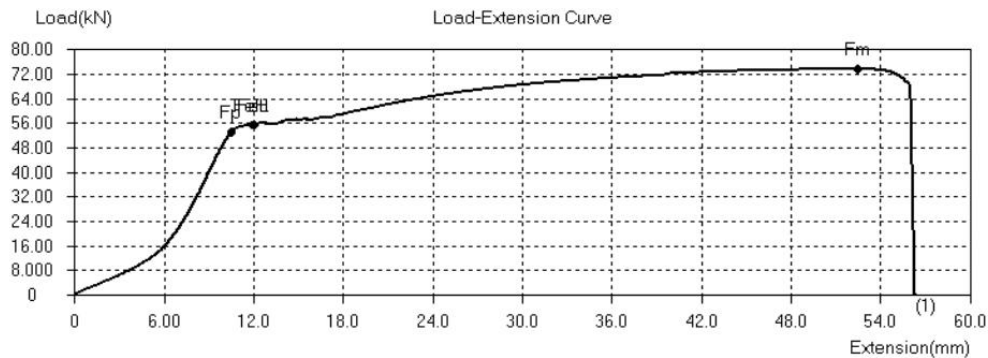
Karbon (%)	Setting Thermo Mechanical Treatment (Bar)		
	V 1	V2	V3
0,23	7,5	1,5	0,5

Table diatas merupakan setting TMT hasil dari variasi karbon untuk mencapai sifat material, Setting TMT adalah syarat mutlak agar material mengalami deformasi secara sempurna.

2. Hasil Uji Tarik Besi Beton D13 Dengan Kandungan Karbon <0,25%

Berikut adalah data hasil proses Uji Tarik besi Beton D13 dengan kandungan karbon <0,25% setelah melalui proses Thermo Mechanical Treatment.

PHYSICAL PROPERTIES:				
TS (Mpa)	560	(Tensile Strength/Kuat Tarik)		Rm
YS (Mpa)	430	(Yield Strength/Kuat luluh/leleh)		ReH
Elongation (%)	17,5	(Regangan dalam 100mm)		A%
Rasio TS/YS	1,30			
Bend Test (180°)		Diameter pelengkung		
Rm(Mpa)	560	Lo(mm)	200	Remark
Fm(kN)	73,68	So(mm2)	132,73	
ReH(Mpa)	430	Lu(mm)	235	
ReL(Mpa)	420	FeH(kN)	55,56	
Rp(Mpa)	400	FeL(kN)	55,52	
Rt(Mpa)	/	Fp(kN)	53,12	
E(Gpa)	3,59	Ft(kN)	/	



CHEMICAL COMPOSITION:				
C (%)	P (%)	Mn (%)	S (%)	Si (%)
0,23	0,02	0,42	0,03	0,12

Gambar 2. Hasil uji tarik besi beton D13 karbon rendah <0,25%

Pada gambar diatas adalah hasil uji tarik besi beton D13 hasil proses Thermo Mechanical Treatment dengan settingan TMT V1 7,5 bar, V2 1,5 bar dan V3 0,5 bar mendapat hasil kekuatan tarik sebesar:

Tabel 2. Hasil uji tarik besi beton D13 karbon rendah 0,23%

Karbon (%)	TS (Mpa)	YS (Mpa)	Elongation (%)	Rasio
0.23	560	430	17,5	1.30

Untuk mencari nilai pada gambar dan table hasil uji tarik besi beton D13 dengan kandungan karbon rendah <0,25% dapat dirumuskan sebagai berikut:

Kekuatan Tarik

$$T_s = \frac{FM}{A}$$

$$T_s = \frac{73,68}{0,1327326} = 560 \text{ Mpa}$$

Kekuatan Luluh

$$Y_s = \frac{Feh}{A}$$

$$Y_s = \frac{55,56}{0,1327326} = 430 \text{ Mpa}$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{Lu - Lo}{Lo} 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{235 - 200}{200} 100\%$$

$$\varepsilon = 17,5 \%$$

Rasio

$$\text{Rasio} = \frac{Ts}{Ys}$$

$$\text{Rasio} = \frac{560 \text{ mpa}}{430 \text{ Mpa}} = 1,30$$

Dari hasil pengujian terdapat nilai kekuatan tarik sebesar 560 Mpa, nilai kekuatan luluh sebesar 430 Mpa, nilai elongation sebesar 17,5% dan nilai rasio sebesar 1,30.

Simpulan Dan Saran

Penelitian pada pengaruh karbon rendah terhadap uji tarik besi beton D13 hasil proses Thermo Mechanical Treatment didapatkan point yaitu:

1. Semakin rendah kandungan karbon maka pressure air semakin tinggi agar besi beton nilai keuletan tinggi, dan sebaliknya semakin tinggi karbon maka pressure air semakin rendah agar besi beton tidak mudah putus saat ditarik.
2. Kuat tarik (Tensile Strength / TS) 560 MPa menunjukkan baja ini memiliki kekuatan yang cukup tinggi untuk kategori baja karbon rendah, dan memenuhi syarat SNI 2052:2017 untuk besi beton ulir kelas BJTS-420 (TS minimal 540 MPa). Kuat luluh (Yield Strength / YS) 430 MPa juga memenuhi standar BJTS-420 (YS minimal 420 MPa), menandakan material memiliki kemampuan menahan beban sebelum deformasi permanen. Elongation 17,5 % menunjukkan material ini ulet (ductile), sehingga aman digunakan sebagai tulangan karena mampu mengalami regangan cukup besar sebelum patah. Rasio TS/YS = 1,30 menandakan ada perbedaan yang cukup baik antara tegangan luluh dan tegangan tarik maksimum, yang berarti baja ini memiliki work hardening atau kemampuan mengeras setelah melewati titik luluh, membantu struktur menyerap energi sebelum patah. Secara keseluruhan, baja karbon rendah 0,23 % ini memiliki kombinasi kekuatan, keuletan, dan keamanan yang baik, sehingga layak digunakan sebagai besi beton ulir D13 hasil proses TMT sesuai standar SNI 2017.

Perlu disarankan sebagai berikut:

1. Pada penggunaan Thermo Mechanical Treatment harus sesuai dengan komposisi karbon hasil dari sampel uji Spektrometer agar sesuai dengan SNI terutama SNI 2017.
2. Pemilihan kandungan karbon harus mempertimbangkan aplikasi akhir: apakah membutuhkan kekuatan maksimum atau keseimbangan antara kekuatan dan keuletan.

Daftar Pustaka

- Arikunto, S. (2022). Arikunto, Suharsimi. 2002. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek, Rineka Cipta, Jakarta. Jurnal EMBA, 1(3).
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Callister's materials science and engineering*. John Wiley & Sons.
- Faris Arifin, dkk. (2024). *Studi Analisis Heat Input Terhadap Kekuatan Lengkung (Bending) Dan Kekuatan Tarik Sambungan Activated – Tig (A-Tig) Pada Baja Karbon Rendah*. *Cendekia Merdeka Vol. 05, No. 01*.
- Frans Nico Pratama, dkk. (2022). Pengaruh Waktu Temper Terhadap Mikro Struktur dan Sifat Mekanis Pada Baja Karbon. *Cendekia Merdeka Vol. 3 No. 2*.
- Frans Robert Bethony. (2016). Analisis Perlakuan Panas Bertahap terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah. *Dynamic Saint Vol. 2 No. 1 (2016): Jilid 2 Volume 1*.
- Rahelina Ginting. (2019). Kuat Tekan Beton Dengan Besi Tulangan D13. *Darma Agung Vol. XXVII No. 2*.
- Setiawan, A., Idris, S., & Sanggau, P. P. N. P. (2020). Analisis Sifat Mekanik Baja Ulir Berdasarkan Diameter. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah, 11(2), 70-78*.
- Subagiyo, dkk. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Besi Beton Ulir Berdasarkan Diameternya. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Teknologi (SeN Ter Tek), Politeknik Negeri Malang*.
- Wang, Y., Li, Y., Yu, W., Tang, H., Wang, H., Xu, G., & Wang, Z. (2023). Effect of a special thermo-mechanical treatment process on microstructure and properties of 7185 alloy. *Journal of Alloys and Compounds, 935, 168072*
- X. Zhang, H. Wu, S. Zhang, and F. Huang, "International Journal of Impact Engineering Projectile penetration of reinforced concrete considering the effect of steel reinforcement : Experimental study and theoretical analysis," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 144, no. February, p. 103653, 2020, doi: 10.1016/j.ijimpeng.2020.103653.