

PENGARUH SUHU TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA

Titin Sundari¹, Akmam Mutrofin², Rahma Ramadhani³, Evany Iqrammah⁴, Totok Yulianto⁵, Meriana Wahyu Nugroho⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

E-mail : titinsundari1273@gmail.com¹

Abstrak

Sifat mekanik baja adalah sifat suatu bahan logam yang berhubungan dengan perilaku beban mekanis yang diterapkan pada bahan tersebut. Sifat mekanik mengukur ketahanan suatu material untuk menerima beban atau menahan gaya dan tekanan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik yang menguji kekuatan (ketahanan tarik) suatu material dengan cara memberikan beban (gaya statik) pada sumbu yang sama dan menerapkannya secara perlahan atau cepat. Hasil pengujian ini adalah kekuatan dan keuletan material, meliputi kekuatan luluh, tegangan ultimit, dan perpanjangan. Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perubahan sifat mekanik baja St.37 melalui specimen uji tarik plat baja yang dibiarkan pada suhu ruang dan specimen yang dioven selama 3 jam pada suhu 500°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu 500°C kekuatan tarik baja turun 13,21% dari rata-rata 560,77MPa menjadi 486,67MPa, tetapi modulus elastisitas baja meningkat 26,77% dari 931,13MPa menjadi 1180,43 MPa. Dari sifat-sifat ini bisa sebagai dasar dalam pemilihan bahan sesuai dengan syarat yang diminta dalam desain konstruksi.

Kata kunci: suhu, sifat mekanik, baja

Abstract

The mechanical properties of steel are the properties of a metallic material which are related to the behavior of the mechanical load applied to the material. Mechanical properties measure the resistance of a material to accept loads or withstand force and pressure. The test carried out is a tensile test which tests the strength (tensile resistance) of a material by applying a load (static force) to the same axis and applying it slowly or quickly. The results of this test are the strength and ductility of the material, including yield strength, ultimate stress and elongation. This research was to determine the effect of shu on changes in the mechanical properties of St.37 steel through steel plate tensile test specimens that were left at room temperature and specimens that were oven-treated for 3 hours at 500°C. The results showed that at a temperature of 500°C the tensile strength of steel decreased by 13.21% from an average of 560.77MPa to 486.67MPa, but the modulus of elasticity of steel increased by 26.77% from 931.13MPa to 1180.43 MPa. These properties can be used as a basis for selecting materials according to the requirements requested in construction design.

Key words: temperature, mechanical properties, steel

1. PENDAHULUAN

Bahan logam banyak digunakan dalam konstruksi, maupun industri khususnya material logam sering digunakan pada suhu tinggi maupun rendah. Baja adalah material yang mudah diganti wujudnya. Berbagai jenis baja memiliki kekuatan, kekerasan, elastisitas, dan lain lain yang berbeda. Baja untuk konstruksi, dibuat dari baja batangan maupun baja profil, seperti jembatan, tower dan gedung tinggi. Baja struktural juga digunakan pada suhu tinggi dan rendah. Jika logam diberi perlakuan panas hingga suhu tertentu dapat mengubah sifat logam tersebut termasuk sifat mekaniknya, terdapat korelasi negatif antara suhu dengan

kuat tarik [1]. Penelitian ini menyelidiki perubahan sifat mekanik logam uji yang dibiarkan pada suhu kamar dan diberi perlakuan selama 3 jam pada 500° C.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sifat ketahanan baja biasanya bersifat permanen dan tidak menurun seiring berjalannya waktu. Perubahan ciri-ciri tersebut sebenarnya bisa terjadi karena kondisi tertentu. Jika material yang dibebani telah melebihi kekuatan luluhnya dan dibiarkan selama beberapa waktu, maka kekuatan luluhnya akan meningkat. Hal ini disebut pengerasan, yang disebabkan oleh perubahan bentuk dalam cuaca dingin. Namun, setelah penguatan ini, material hanya dapat sedikit berubah bentuknya sebelum rusak. Tegangan putus sangat berkurang, kekerasan material menjadi berkurang. Kerapuhan material seperti ini disebut penuaan material.

2.1 Pengaruh Suhu

Perlakuan panas adalah pemanasan material pada suhu, kecepatan, dan waktu tertentu pula sehingga suhunya merata. Untuk pendinginan bisa digunakan air, oli, dan udara sebagai media pendingin. *Hardening* digunakan untuk memperoleh sifat benda kerja keras, yaitu dengan memanaskan baja hingga suhu pengerasan (suhu austenisasi) dan menahannya selama waktu tertentu, kemudian mendinginkannya pada laju yang tinggi hingga mencapai kekerasan yang diinginkan. Semakin tinggi kekerasannya, semakin besar ketahanan ausnya. *Tempering* adalah pemanasan kembali baja yang telah dikeraskan. Proses ini dapat meningkatkan kekuatan tetapi menurunkan kekerasan. Untuk sebagian besar baja struktural, proses pengerasan dirancang untuk mencapai kekuatan, ketangguhan, dan keuletan yang tinggi. Suhu *tempering* makin tinggi semakin turun nilai kekerasan dan kekuatan tarik baja AISI 4340[2]. Pemrosesan panas dan dingin ini mempengaruhi sifat mekanik baja, karena ketika suhu logam meningkat akan terjadi deformasi batas, begitu juga lamanya pemanasan dapat mengganggu stabilitas metalurgi logam, selain itu adalah interaksi logam-logam tersebut pada suhu tinggi. Sedangkan pendinginan adalah proses pembentukan plastik logam di bawah suhu rekristalisasi. Proses ini menghasilkan tegangan yaitu peningkatan kekerasan akibat deformasi plastis, namun menurunkan keawetan material.

2.2 Sifat Mekanik

Sifat mekanik suatu bahan meliputi kekuatan, yaitu kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut patah, kekakuan adalah kemampuan agar suatu bahan dapat menahan tegangan atau beban tanpa mengalami deformasi atau patah, elastisitas diartikan sebagai kemampuan suatu bahan menahan tegangan tanpa menimbulkan deformasi permanen setelah tegangan diiadakan, plastisitas adalah kemampuan suatu bahan untuk mengalami deformasi plastis (permanen) tanpa kerusakan.

Uji tarik menggunakan pelat/batang uji standar, dan di tengah-tengah batang uji terdapat bagian yang menerima tegangan seragam, dan diukur sebagai panjang pengujian (*gauge length*). Deformasi bahan disebabkan oleh beban tarik statik, pengujian tarik ini digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kekuatan bahan/material. Hubungan tegangan dan regangan dalam uji tarik, jika P adalah beban (kgf), dan A adalah luas penampang adalah (mm²), dan σ adalah tegangan maka :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Yang dinyatakan dalam satuan kgf/mm², N/mm² atau MPa [3], dan regangan dinyatakan sebagai

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_o} \quad (2)$$

Dengan δ adalah pertambahan panjang (mm) dan L_o adalah panjang awal, maka ε satuannya mm/mm bilangan tak berdimensi dan sering dalam satuan persen. Deformasi di daerah elastik ini menunjukkan sifat proporsional/berbanding lurus dengan tegangan, hubungan lurus ini disebut dengan modulus elastik atau Modulus Young yang dinyatakan dalam E satuannya sama dengan tegangan.

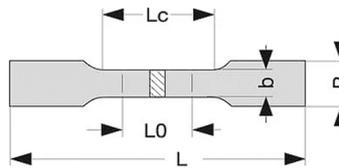
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Apabila diberikan suatu tegangan melampaui batas elastik, maka perpanjangan permanen terjadi pada batang uji tersebut. Perpanjangan tersebut dinamakan deformasi plastis, dan tegangan terendah di mana

deformasi plastis terjadi disebut tegangan mulur. Kekuatan mulur didapatkan dari tegangan yang menyebabkan perpanjangan 0,2% yang disebut dengan metoda *offset*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu suatu penelitian yang dilakukan di laboratorium. Lokasi penelitian di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil UNHAS, dan untuk uji tarik material dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UM. Tahap awal adalah persiapan dan pembuatan benda uji. Digunakan standar ASTM E8 untuk benda uji pelat baja St 37 dengan dimensi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Specimen Uji Tarik

Panjang specimen $L = 200$ mm, $L_c = 60$ mm, $L_0 = 50$ mm, $b = 12,5$ mm, $B = 20$ mm, dan tebal pelat specimen adalah 2,5 mm. Specimen yang akan diuji diberi tanda lebih dahulu sesuai dengan kondisi perlakuan. Kondisi pertama specimen tanpa perlakuan (dibiarkan pada suhu ruang) dan kondisi kedua specimen dengan perlakuan di oven pada suhu 500 °C selama 3 jam. Masing-masing perlakuan terdiri dari 3 buah benda uji, total ada 6 buah. Berikut adalah gambar mesin oven dan specimen pada suhu ruang (Gambar 2).



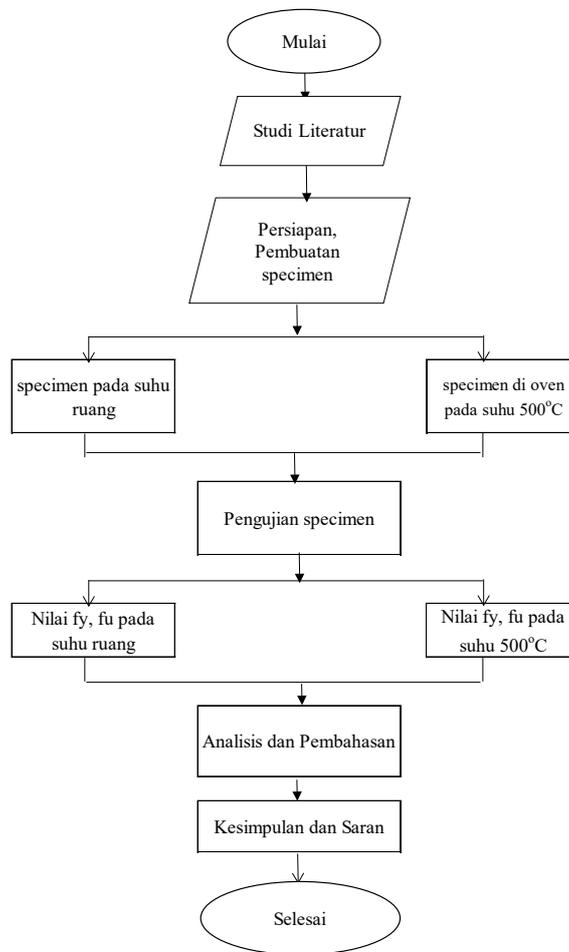
Gambar 2. Mesin Oven dan Specimen

Pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik yaitu *Universal Testing Machines* dengan beban tarik maksimum 20.000 Kgf (Gambar 3). Pengujian dilakukan dengan menaikkan beban secara perlahan. Awalnya penambahan panjang sebanding dengan penambahan gaya yang diberikan. Keseimbangan ini berlanjut hingga beban mencapai batas titik proporsional. Setelah itu penambahan panjang akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pada beban yang sama benda uji memanjang dengan sendirinya. Keadaan ini terus berlanjut (tidak sebanding) lagi sampai titik maksimum, hingga akhirnya batang uji putus.



Gambar 3 Mesin UTM yang Connect ke computer

Untuk memperlancar proses penelitian maka perlu adanya diagram alir (*Flow Chart*) pengujian sebagaimana Gambar 4.

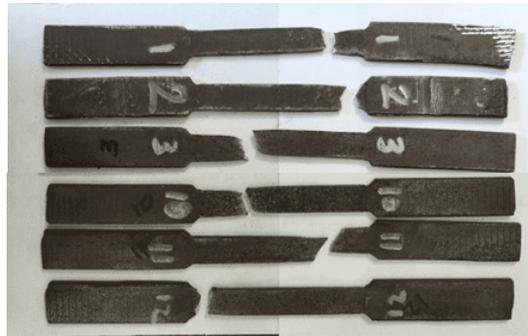


Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN DAN HASIL

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari material baja ST 37 dalam penelitian ini. Hasil uji tegangan biasanya berupa parameter kekuatan patah dan leleh, parameter ketahanan yang

ditunjukkan oleh proses tegangan dan penyusutan atau pengurangan luas, serta bentuk penampang patahan. Berikut adalah foto hasil uji tarik saat specimen putus (Gambar 5), data dan hasil uji tarik specimen seperti ditabelkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 5. Specimen Putus

Tabel 1. Tegangan Leleh (*Yield Stress*) dan Tegangan Ultimat (*Ultimate Stress*)

No. Specimen	Section Area (mm ²)	Initial Length (mm)	Yield Force (kgf)	Ultimate Force (kgf)	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)	Modulus Elastisitas (E) MPa
1	30	60	2071,2	2099,2	677,1	686,2	923,7
2	30	60	1465,7	2182,2	479,1	713,3	672,0
3	30	60	1609,4	2266,8	526,1	741,0	1197,7
Rata-rata (specimen pada suhu ruang)					560,77	713,5	931,13
10	30	60	1444,8	2055	472,3	671,8	1102,8
11	30	60	1505,2	2142,1	492,0	700,2	1205,6
12	30	60	1516,5	2171,5	495,7	709,8	1232,9
Rata-rata (specimen pada suhu 500° C)					486,67	693,93	1180,43

Tabel 2. Perpanjangan (*Elongation*) dan Regangan (*Strain*)

No. Specimen	Section Area (mm ²)	Initial Length (mm)	Yield Force (kgf)	Ultimate Force (kgf)	Displacement @ Yield (mm)	Elongation @ Ultimate (mm)	Strain @ yield %	Strain @ Ultimate %
1	30	60	2071,2	2099,2	3,23	5,25	5,38	8,74
2	30	60	1465,7	2182,2	3,75	12,1	6,25	20,16
3	30	60	1609,4	2266,8	2,2	11,99	3,66	19,99
Rata-rata (specimen pada suhu ruang)					3,06	9,78	5,10	16,30
10	30	60	1444,8	2055	2,22	11,66	3,70	19,43
11	30	60	1505,2	2142,1	2,04	11,37	3,40	18,95
12	30	60	1516,5	2171,5	2,02	11,53	3,36	19,21
Rata-rata (specimen pada suhu 500° C)					2,09	11,52	3,49	19,20

5. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data-data dan foto-foto hasil uji tarik yang telah dilakukan terhadap material pelat baja yang dibiarkan pada suhu ruang dan di oven pada suhu 500°C selama 3 jam. dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat diambil simpulan dan saran sebagai berikut:

5.1 Simpulan

Bahwa tegangan leleh rata-rata material tanpa perlakuan adalah 560,77 MPa dan tegangan leleh dengan perlakuan adalah 486,67 MPa berarti mengalami penurunan yaitu sebesar 13,21 %, begitu juga tegangan ultimatnya juga mengalami penurunan dari 713,5 MPa menjadi 693,93 MPa yaitu sebesar 2,74 %. Hal ini berarti kekuatan material dalam menahan tegangan menurun. tetapi nilai modulus elastisitas (*Young Modulus*) mengalami kenaikan dari 931,13 MPa menjadi 1180,43 MPa yaitu sebesar 26,77 % yang berarti kekenyalan (kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk semula) meningkat. Dan nilai keuletan (daktilitas) meningkat ditunjukkan dengan nilai *elongation ultimate* 9,78 mm menjadi 11,52 mm dan *strain ultimate* meningkat pula dari 16,30 % menjadi 19,2%. Keuletan bahan ini juga ditunjukkan adanya pengecilan penampang setempat (*local necking*) saat beban tercapai maksimum dengan pertambahan panjang hanya terjadi di sekitar *necking* tersebut dan peristiwa *necking* ini tidak terjadi pada bahan yang getas.

5.2 Saran

Dengan mengetahui sifat bahan teknik yaitu adanya perubahan-perubahan sifat mekanik akibat perlakuan panas ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pemilihan bahan sesuai dengan syarat yang diminta dalam desain konstruksi.

6. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Lagiyono, Suwandono, Masykur M., 2011. Engineering: Jurnal bidang teknik, *Pengaruh Temperatur terhadap Sifat Mekanik pada Baja Karbon Sedang ST 60*. Volume 2 No.2, 22 Oktober. ISSN Online No 2549 - 8614
- [2] Rusdji Halim, Pramono, AK., Faathir, WB., 2016. Jurnal Power Plant: *Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro pada Baja AISI 4340*, Vol. 4, No. 2 Mei, ISSN : 2356-1513.
- [3] Surdia, T., Saito, S., 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Edisi ke empat. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.