

Hasil Variasi Media *Quenching* terhadap Kekuatan Tarik Baja S45C

Sulistiyono Sulistiyono*, M. Hasyim Nurwansyah, Asrori Asrori

Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo Lowokwaru, Kota Malang, 65141, Indonesia

*E-mail: sulistiyono@polinema.ac.id

Diterima: 20-09-2022; Direvisi: 08-08-2023; Dipublikasi: 21-08-2023

Abstrak

Pemilihan dan pengolahan material sangatlah penting dalam suatu proses manufaktur, dikarenakan kesalahan dalam pemilihan dan pengolahan material dapat menurunkan kualitas suatu produk. Produk dengan kualitas yang buruk dapat menimbulkan kerugian baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Penelitian menggunakan metode eksperimen, baja S45C akan diuji dan dibandingkan nilai kekuatan tarik yang dimiliki sebelum dan setelah diberikan perlakuan panas *Quench Hardening*. Suhu pemanasan yang digunakan dalam proses perlakuan panas ialah 850 °C, dengan *holding time* yaitu 30 menit. Media *quenching* yang digunakan yaitu “Es Batu Ditambah Air”, “Larutan NaCl 3,45%”, dan “Oli SAE 10W-30”. Hasil dari pengujian tarik menunjukkan bahwa media *quenching* “Es Batu ditambah Air” dan media *quenching* “Larutan NaCl 3,45%” menghasilkan rata-rata nilai kekuatan tarik 156,27 MPa dan 228,55 MPa, sementara pada *raw material* dan media *quenching* “Oli SAE 10W-30” menghasilkan rata-rata nilai kekuatan tarik 707,03 MPa dan 1.116,30 MPa.

Kata kunci: Baja S45C ; Kekuatan Tarik ; Perlakuan Panas

Abstract

Material selection and processing are essential in manufacturing because errors in material selection and processing can reduce product quality. Products with poor quality can cause losses both in the short term and in the long term. The research uses the experimental method, S45C steel will be tested and compared with the value of the tensile strength it has before and after being given the Quench Hardening heat treatment. The heating temperature used in the heat treatment process is 850 °C, with a holding time of 30 minutes. The quenching media used were Ice Cubes Plus Water, 3.45% NaCl Solution, and SAE Oil 10W-30. The results of the tensile test showed that the quenching media Ice Cubes plus Water and the quenching media 3.45% NaCl solution produced an average tensile strength value of 156.27 MPa and 228.55 MPa, while the raw material and quenching media SAE 10W-30 oil produces an average tensile strength value of 707.03 MPa and 1,116.30 MPa.

Keywords: Heat Treatment ; S45C Steel ; Tensile Strength

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya zaman, perkembangan ilmu dan teknologi dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan yang muncul dalam dunia industri. Hal ini mendorong para ahli untuk membuat terobosan terbaru dalam pemilihan dan pengolahan material baku.

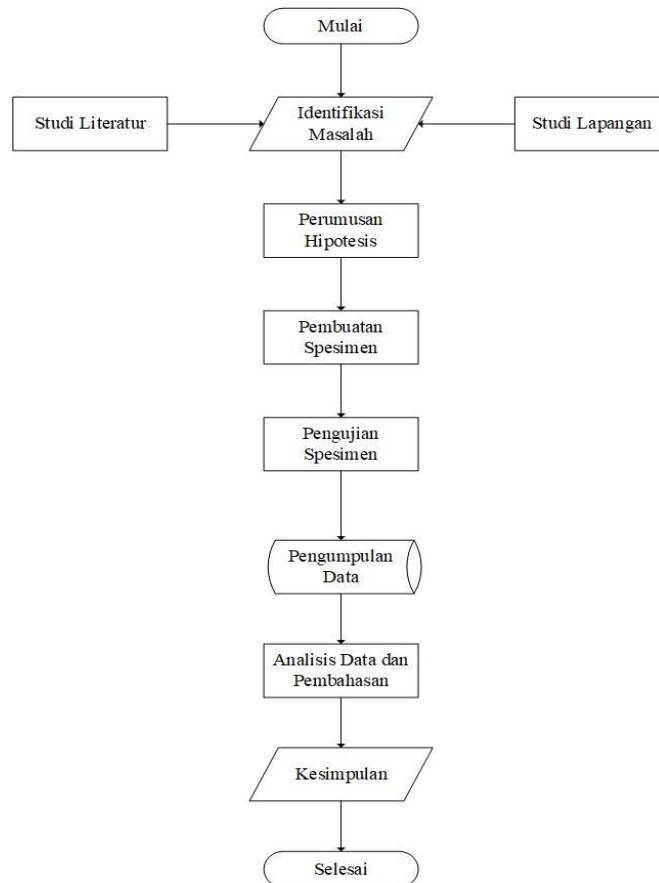
Pemilihan dan pengolahan material sangatlah penting dalam suatu proses manufaktur, dikarenakan kesalahan dalam pemilihan dan pengolahan material dapat menurunkan kualitas suatu produk. Produk dengan kualitas yang buruk dapat menimbulkan kerugian baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Salah satu produk yang dijadikan sebagai contoh ialah poros *propeller* kapal. Bila kualitas poros *propeller* yang dihasilkan menurun, maka dapat dipastikan biaya perawatan akan meningkat untuk mempertahankan kinerja dari produk tersebut. Terlebih lagi, bila dibiarkan, maka akan beresiko untuk merusak secara keseluruhan sistem kapal tersebut.

Pengolahan material dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya ialah temperatur lingkungan dimana material tersebut diolah [3]. Selain itu, metode pengolahan material juga mempengaruhi karakteristik material yang dihasilkan. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *quenching*, dimana media *quenching* yang digunakan mempengaruhi sifat material yang dihasilkan [4]. Selain sifat material, sifat yang lain seperti ketahanan korosi material akan berubah bilamana diberi perlakuan yang berbeda dalam metode pengolahan material [5].

Berdasarkan pembahasan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Hasil Variasi Media *Quenching* Terhadap Kekuatan Tarik Baja S45C” dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada kekuatan tarik material sebelum dan setelah dilakukan proses *hardening* dengan media *quenching* yang berbeda.

2. Material dan Metodologi

Gambar 1 dibawah merupakan diagram alir yang digunakan untuk mempermudah proses pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen, yaitu metode yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari suatu variabel yang diujikan [6].

2.1. Alat dan Bahan

Alat:

1. Tungku Pemanas (*Furnace*)



Gambar 2. Tungku Pemanas

Digunakan sebagai alat untuk memanaskan spesimen hingga mencapai temperatur yang diinginkan. Spesifikasi dari Tungku Pemanas yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Tungku Pemanas

Tipe	E80
Heating Capacity	3,3 kW (kilowatt) 15 A (Ampere)
Overall Performance	3,3 kW 15 A
Voltage	220 V (Volt) 50 Hz (Hertz)
Maximum Temperature	1.100 °C

2. *Universal Testing Machine*



Gambar 3. *Universal Testing Machine* (kiri) dan Panel Pengaturan (kanan)

Digunakan sebagai alat untuk menguji tegangan tarik pada tiap spesimen uji tarik. Spesifikasi dari *Universal Testing Machine* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin *Universal Testing Machine*

Tipe	UPH 100 kN
Maksimum pembebanan	100 kN (kiloNewton)
Dimensi Tempat Penyettingan	600 mm x 610 mm x 2.100 mm
Dimensi Tempat Spesimen	825 mm x 505 mm x 2.400 mm

Bahan:

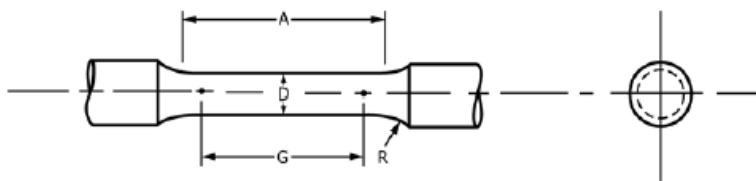
1. Baja S45C

Baja S45C merupakan jenis baja karbon menengah yang sering digunakan pada komponen yang membutuhkan kekuatan tinggi serta tahan aus [7]. Selain itu, material ini juga diaplikasikan pada bahan baku pembuat komponen atau struktur mesin. Komposisi kimia dari baja S45C dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Baja S45C

Jenis Unsur	Persentase Kandungan Unsur
Karbon (C)	0.45%
Silikon (Si)	0.23%
Mangan (Mn)	0.64%
Fosfor (P)	0.01%
Sulfur (S)	0.01%
Krom (Cr)	0.33%

Dalam proses ini, baja S45C yang digunakan sebagai material uji dibentuk menjadi 12 buah spesimen uji tarik. Dimensi dari spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E8 yang dapat dilihat pada Tabel 4 [1].



Gambar 4. Gambar Kerja Spesimen Uji Tarik

Tabel 4. Nilai Parameter Pengukuran Pada Spesimen Uji Tarik

Parameter	Nilai (mm)	Parameter	Nilai (mm)
G (<i>Gauge Length</i>)	24.0 ± 0.1	R (<i>Fillet's Radius</i>)	6
D (<i>Diameter</i>)	6.0 ± 0.2	A (<i>Reduced Section's Length</i>)	30

2. Es Batu ditambah Air



Gambar 5. Media *Quenching* “Es Batu ditambah Air”

Digunakan sebagai media *quenching*. Volume Es Batu ditambah Air yang digunakan adalah 10 liter, dengan pengukuran dilakukan setiap 2 liter.

3. Larutan NaCl 3,45 %



Gambar 6. Media *Quenching* “Larutan NaCl 3,45%”

Digunakan sebagai media *quenching*. Volume larutan NaCl yang digunakan pada larutan ini ialah 10 liter, dengan pengukuran dilakukan setiap 2 liter.

4. Oli SAE 10W-30



Gambar 7. Media *Quenching* “Oli SAE 10W-30”

Digunakan sebagai media *quenching*. Volume Oli SAE 10W-30 yang digunakan pada larutan ini ialah 10 liter.

2.2. Perlakuan Panas

Perlakuan panas merupakan bentuk perlakuan yang mana menggunakan energi panas untuk merubah sebuah komposisi dan/atau sifat yang dimiliki oleh suatu logam atau paduan [8]. Perlakuan panas juga sering disebut sebagai *Time-Temperature Treatment*, dikarenakan waktu penahanan (*holding time*) mempengaruhi hasil dari proses ini.

Terdapat berbagai jenis perlakuan panas, diantaranya ialah:

1. *Hardening*

Merupakan proses pembentukan *austenite* (*austenitizing*) yang diikuti dengan pengubahan struktur kimia dari *austenite* menjadi *martensite* dengan melakukan proses pendinginan cepat (*quenching*). Proses ini pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan pada baja [9].

2. *Tempering*

Merupakan proses pemanasan baja yang sudah dikeraskan atau telah melalui proses *hardening*. Proses ini dilakukan dibawah temperatur kritis, dengan tujuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan meningkatkan keuletan dari baja tersebut [2].

3. *Annealing*

Merupakan proses pemanasan baja hingga temperatur tertentu, yang dilanjutkan dengan pendinginan didalam tungku pemanas. Tujuan perlakuan ini untuk mengurangi tingkat kekerasan dan tegangan sisa dalam baja tersebut [10].

4. Normalizing

Merupakan proses perlakuan panas dengan memanaskan baja dengan temperatur yang digunakan tidak mencapai nilai temperatur kritis, kemudian dilakukan pendinginan dengan media udara. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan struktur butir yang halus dan seragam, serta menghilangkan tegangan sisa pada baja tersebut [11].

Dalam penelitian ini, akan digunakan metode *hardening* dengan media *quenching* berupa “Es Batu Ditambah Air”, “Larutan NaCl 3,45%”, serta “Oli SAE 10W-30”. Suhu pemanasan yang digunakan ialah 850 °C dengan *holding time* 30 menit.

2.3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan suatu metode pengujian untuk mengetahui nilai kekuatan suatu material [12]. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gaya *uniaxial* pada spesimen uji. Dalam pengujian ini, terdapat 3 aspek yang dapat diteliti, yaitu:

1) Tegangan (*Stress*)

Tegangan merupakan nilai perbandingan antara gaya tarik yang bekerja dengan luasan area pada spesimen [13]. Secara umum, tegangan dapat dihitung sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1}$$

Keterangan:

σ = Tegangan, dalam satuan MPa (*Mega Pascal*).

A = Luas area *reduced section* spesimen, dalam satuan mm² (milimeter kuadrat).

F = Gaya tarik yang bekerja, dalam satuan N (*Newton*).

2) Regangan (*Strain*)

Merupakan perbandingan antara pertambahan panjang yang terjadi dengan panjang awal spesimen [14]. Perhitungan regangan dituliskan pada rumus dibawah ini,

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \tag{2}$$

Keterangan:

ε = Regangan

l_1 = Panjang spesimen saat menerima gaya tarik, dalam satuan mm (milimeter).

l_0 = Panjang spesimen sebelum pengujian, dalam satuan mm (milimeter).

Δl = Selisih panjang spesimen, dalam satuan mm (milimeter).

3) Modulus Elastisitas (*Modulus Elasticity / Young Modulus*)

Modulus Elastisitas merupakan perbandingan atau gradien antara nilai tegangan dengan nilai regangan [15]. Modulus elastisitas hanya bisa dihitung pada daerah elastis, atau pada grafik tegangan-regangan, hanya bisa dihitung pada daerah sebelum batas proposional. Rumus dari modulus elastisitas sendiri dapat ditulis sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{3}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas, dalam satuan GPa (*Giga Pascal*).

σ = Tegangan, dalam satuan MPa (*Mega Pascal*).

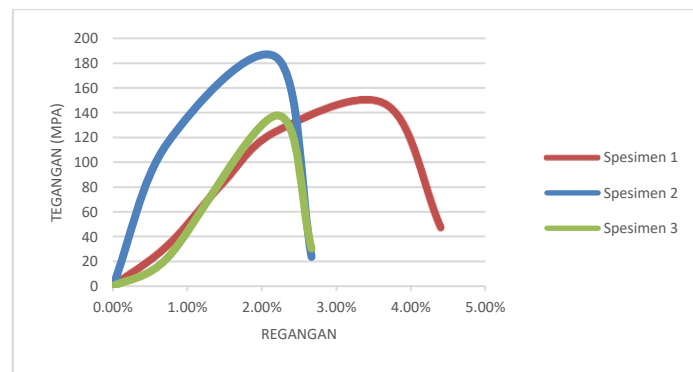
ε = Regangan

3. Hasil dan pembahasan

Berikut adalah hasil pengujian tarik yang disajikan pada Tabel 5 dibawah ini

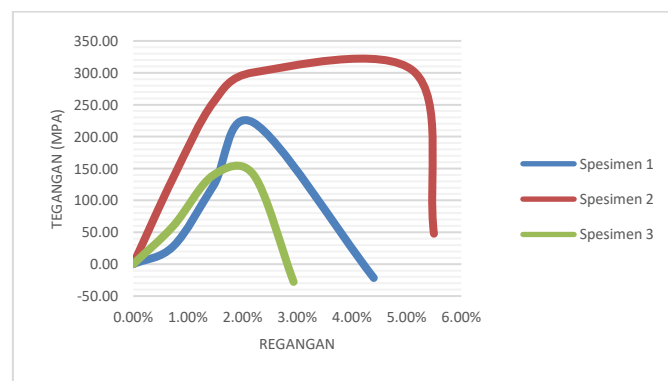
Tabel 5. Perhitungan Nilai Kekuatan Tarik

Jenis Media Quenching	Nomor Spesimen	Beban Tarik Maksimum (kgf)	Regangan Maksimum	Kekuatan Tarik Maksimum (MPa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik Maksimum (MPa)
Es Batu ditambah Air	1	422,80	3,67%	146,69	156,27
	2	531,40	2,20%	184,37	
	3	397,00	2,20%	137,74	
Larutan NaCl 3,45%	1	701,20	2,20%	243,29	228,55
	2	870,60	5,13%	302,06	
	3	406,80	2,20%	140,31	
Oli SAE 10W-30	1	2.948,20	6,57%	1.021,93	1.116,30
	2	2.999,80	8,07%	1.039,35	
	3	3.711,40	7,30%	1.287,63	
Tanpa Perlakuan	1	2.080,20	29,27%	721,74	707,03
	2	2.017,60	21,23%	699,95	
	3	2.016,00	41,33%	699,40	



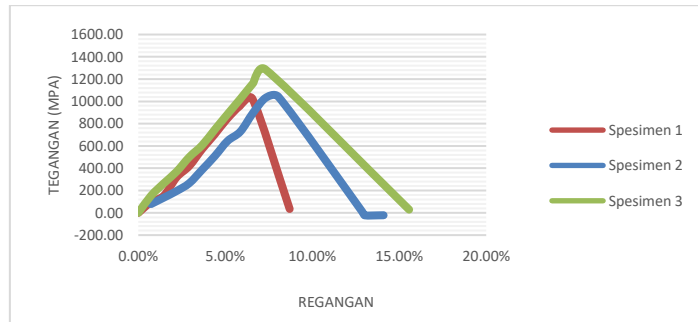
Gambar 8. Grafik Tegangan-Regangan pada spesimen dengan variabel media *quenching* “Es Batu Ditambah Air”

Gambar 8 menunjukkan grafik tegangan regangan yang dihasilkan selama pengujian tarik pada tiap spesimen yang diberik perlakuan *quenching* pada media “Es Batu Ditambah Air”. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa tegangan tarik yang dihasilkan cukup rendah, dengan nilai tertinggi berada di angka 184,37 MPa yang mana terdapat pada nomor spesimen 2. Sementara itu, regangan yang terjadi pada spesimen sangat kecil, dengan nilai terbesar yang tercatat yaitu 3,67% pada nomor spesimen 1.



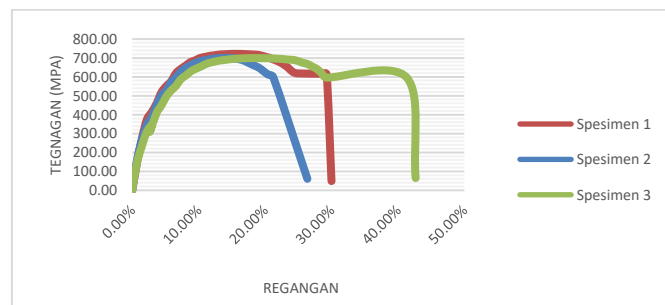
Gambar 9. Grafik Tegangan-Regangan pada spesimen dengan variabel media *quenching* “Larutan NaCl 3,45%”

Gambar 9 menunjukkan tegangan-regangan yang terjadi pada 3 spesimen yang diuji dengan perlakuan *quenching* “Larutan NaCl 3,45%”. Nilai tegangan tarik tertinggi yang dihasilkan dari variabel “Larutan NaCl 3,45%” ialah 302,06 MPa pada nomor spesimen 2. Sementara itu, regangan tertinggi yang tercatat ialah 5,13% pada nomor spesimen 2.



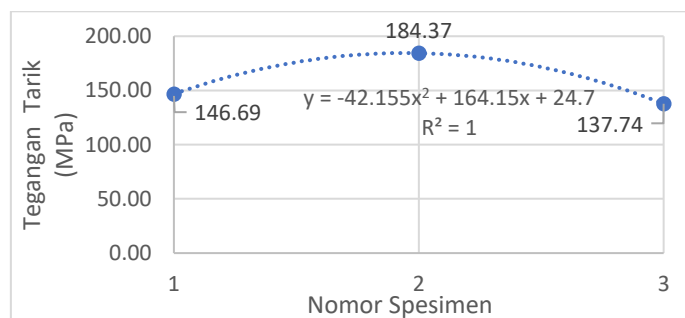
Gambar 10. Grafik Tegangan-Regangan pada spesimen dengan variabel media *quenching* “Oli SAE 10W-30”

Gambar 10 menunjukkan tegangan-regangan yang terjadi pada 3 spesimen yang diuji dengan perlakuan *quenching* “Oli SAE 10W-30”. Tegangan tarik yang dihasilkan pada 3 spesimen ini merupakan tegangan tarik tertinggi yang dihasilkan pada pengujian kekuatan tarik, dimana nilai tegangan tarik tertinggi yang dihasilkan terdapat pada nomor spesimen 3 dengan 1.287,63 MPa. Sementara itu, regangan terbesar yang tercatat ialah 8,07% pada nomor spesimen 2.



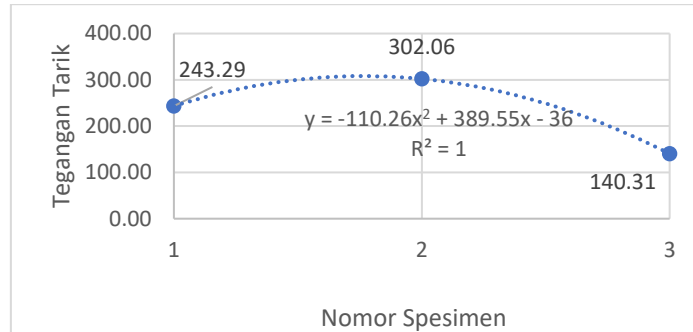
Gambar 11. Grafik Tegangan-Regangan pada spesime tanpa perlakuan

Gambar 11 merupakan grafik tegangan-regangan yang dihasilkan oleh spesimen tanpa perlakuan. Dapat dilihat dari seluruh spesimen yang telah dilakukan pengujian kekuatan tarik, spesimen tanpa perlakuan memiliki nilai regangan paling tinggi. Nilai tegangan tarik tertinggi yang dihasilkan ialah 721,74 MPa pada nomor spesimen 1. Sementara itu, nilai regangan terbesar yang tercatat ialah 41,33% pada nomor spesimen 3. Selanjutnya akan dijabarkan pengaruh pada tiap variabel bebas yang diujikan terhadap variabel terikat yang diteliti pada penelitian ini.



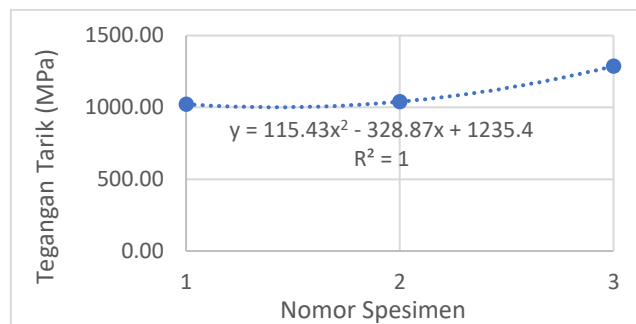
Gambar 12. Hubungan Variabel Media *Quenching* “Es Batu Ditambah Air” Terhadap Nilai Tegangan Tarik Maksimum

Gambar 12 dapat dilihat hubungan antara variabel media *quenching* “Es Batu Ditambah Air” terhadap nilai tegangan tarik yang dihasilkan pada tiap spesimen. Dari grafik tersebut, *trendline* yang terbentuk cenderung menurun, dengan rumus *trendline* yang dihasilkan ialah $y = -42,155x^2 + 164,15x + 24,7$. Nilai koefisien determinasi yang dihasilkan juga sangat tinggi, dengan $R^2 = 1$. Hal ini membuktikan bahwa variabel media *quenching* “Es Batu Ditambah Air” memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap nilai tegangan tarik maksimum yang dihasilkan.



Gambar 13. Hubungan Variabel Media *Quenching* “Larutan NaCl 3,45%” Terhadap Nilai Tegangan Tarik

Gambar 13 menunjukkan hubungan antara variabel media *quenching* “Larutan NaCl 3,45%” terhadap nilai tegangan tarik yang dihasilkan pada tiap spesimen. Dari grafik tersebut, *trendline* yang terbentuk juga sama dengan *trendline* yang terbentuk pada variabel media *quenching* “Es Batu Ditambah Air” cenderung menurun, dengan rumus *trendline* yang dihasilkan ialah $y = -110,26x^2 + 389,55x - 36$. Nilai koefisien determinasi yang dihasilkan juga sangat tinggi, dengan $R^2 = 1$. Hal ini membuktikan bahwa variabel media *quenching* “Larutan NaCl 3,45%” memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap nilai tegangan tarik maksimum yang dihasilkan.



Gambar 14. Hubungan Variabel Media *Quenching* “Oli SAE 10W-30” Terhadap Nilai Tegangan Tarik

Gambar 14 menunjukkan hubungan antara variabel media *quenching* “Oli SAE 10W-30” terhadap nilai tegangan tarik yang dihasilkan pada tiap spesimen. Berbeda dengan grafik sebelumnya, *trendline* yang terbentuk memiliki kecenderungan meningkat, dengan rumus *trendline* yang dihasilkan ialah $y = 115,43x^2 - 328,87x + 1.235,4$. Nilai koefisien determinasi yang dihasilkan juga sangat tinggi, dengan $R^2 = 1$. Hal ini membuktikan bahwa variabel media *quenching* “Oli SAE 10W-30” memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap nilai tegangan tarik maksimum yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dipaparkan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa Variasi media pendingin pada proses Perlakuan Panas Baja S45C memberikan pengaruh yang berbeda pada nilai kekuatan tarik yang dimiliki oleh tiap-tiap

spesimen. Hal ini dapat ditunjukkan bahwa media pendingin “Es Batu ditambah Air” menghasilkan rata-rata nilai kekuatan tarik maksimum terendah, yaitu 156,27 MPa disusul dengan media pendingin “Larutan NaCl 3,45%” yang menghasilkan rata-rata nilai kekuatan tarik maksimum yaitu 228,55 MPa. Selanjutnya yaitu spesimen tanpa perlakuan dimana rata-rata nilai kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan yaitu 707,03 MPa, dan spesimen media pendingin “Oli SAE 10W-30” memberikan rata-rata nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi, yaitu 1.116,30 MPa.

Daftar Pustaka

- [1] ASTM. *E8/E8M - 16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. 2021.
- [2] Yurianto, Pratikto, Soenoko R, Suprpto W. Optimasi Parameter Second Quenching dan Tempering terhadap Kekerasan dan Energi Impak Baja HRP Lokal. *Pros SNTTM*. 2017;XVI(2):111–116.
- [3] Masykur M. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang ST 60. *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*. 2011;2(2).
- [4] Prayogi A. Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*. 2019 Aug 31;17(2):83-90.
- [5] Gunawan E. Pengaruh Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensitik AISI 431 Terhadap Laju Korosi Dan Struktur Mikro. *Teknika: Engineering and Sains Journal*. 2017 Jun 1;1(1):55-66.
- [6] Arifin Z. Metodologi penelitian pendidikan. *Jurnal Al-Hikmah*. 2020 Jul 9;1(1).
- [7] Rizal Ainur Rachman M, Mahendra Sakti A. Analisa Perbedaan Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja S45C dengan Perlakuan Quenching dan Tempering. *J Tek Mesin*. 2020;08(02):89–94.
- [8] Subagiyo S, Asrori A, Agustriyana L. Analisis Kekerasan Baja S45c Hasil Hardening Dengan Variasi Media Pendingin. *INFO-TEKNIK*. 2018;19(1).
- [9] Prayitno D, Indayanto PP. Pengaruh Hardening Terhadap Korosi Pada Baja S45c. *Metrik Serial Teknologi Dan Sains (E) ISSN: 2774-2989*. 2021 Oct 7:70-75.
- [10] Puspasari V, Prasetyo MA, Halab JV, Anwar MS, Mabruri E, Herbirowo S. Pengaruh Annealing terhadap Sifat Keras dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 410-3Mo-3Ni. *Metalurgi*. 2020 Oct 27;35(2):75-82.
- [11] Sardi VB, Jokosisworo S, Yudo H. Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2018;6(1).
- [12] Mustofa A, Jokosisworo S, Santosa AW. Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2018;6(1).
- [13] Rimpung IK, Pujihadi IG. Analisis Perubahan Kekuatan Tarik Baja (St. 42) Dengan Perlakuan Panas 800° C. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*. 2017 Oct 1;17(2):98-103.
- [14] Julian N. Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2019 Sep 6;7(4).
- [15] Sulaeman B. Modulus elastisitas berbagai jenis material. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik*. 2018 Sep 1;3(2):127-38.