

## **Pengaruh proses perlakuan panas terhadap penggunaan media pendingin terhadap kekuatan tarik material ST-41**

**Dwi Setyawan<sup>1)</sup>, Fatkur Rhozman<sup>2)</sup>, Am. Mufarrih<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: <sup>1)</sup>[rohman.unpkediri@gmail.com](mailto:rohman.unpkediri@gmail.com), <sup>2)</sup>[fr\\_kediri@yahoo.com](mailto:fr_kediri@yahoo.com),

<sup>3)</sup>[ammufarrih@unpkediri.ac.id](mailto:ammufarrih@unpkediri.ac.id)

### **Abstrak**

Kekerasan pada komponen mesin yang terbuat dari baja, dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas atau perlakuan permukaan. Proses peningkatan kekerasan menggunakan panas kemudian dengan dinginkan dengan media pendingin serta holding time yang ditentukan merupakan cara yang banyak dilakukan untuk baja karbon medium dan tinggi. Penelitian untuk memperoleh hasil kekuatan tarik dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin dan holding time pada proses perlakuan panas terhadap kekuatan tarik material ST 41. Metode penelitian yang digunakan eksperimen murni (true experimental) dengan analisa data menggunakan analysis of varians pada program minitab 16. Hasil penelitian menunjukkan variasi yang mampu memberikan pengaruh paling besar terhadap kekuatan tarik adalah holding time selama 15 menit dengan media pendingin air sebesar 64 kN. Hasil analisa untuk holding time memiliki pengaruh terhadap kekutan tarik dengan p-value sebesar <0,05 (nilai signifikan) sedangkan untuk media pendinginan tidak memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dimana p-value sebesar >0,05 (nilai signifikan). Sehingga dapat disimpulkan faktor holding time berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan untuk faktor media pendingin tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik secara signifikan.

Kata Kunci: Media pendingin, perlakuan panas, kekuatan tarik, bahan ST 41.

### **Abstract**

*Hardness in machine components made of steel, can be obtained through heat treatment or surface treatment. The process of increasing the hardness using heat then cooled with the pedebel medium as well as the prescribed holding time is a much-conducted way for medium and high carbon steels. Research to obtain the result of tensile strength with the aim to know the influence of cooling medium and holding time on heat treatment process to tensile strength of ST 41 material. The research method used pure experimental (true experimental) with data analysis using analysis of variance in minitab 16 program. research shows that variation capable of giving the biggest effect to tensile strength is holding time for 15 minutes with water cooling medium equal to 64 kN. The result of analysis for holding time has an effect on tensile strength with p-value equal to <0,05 (significant value) while for cooling medium has no effect to tensile strength where p-value is > 0.05 (significant value). So it can be concluded that holding time factor has an effect on tensile strength and for cooling media factor does not have an effect on tensile strength significantly.*

Keywords: Cooling medium, heat treatment, tensile strength, ST 41 material

## 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam dunia industri. Baja memiliki unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), dan bisa dipadukan lagi dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya. Karena kandungan tersebut, baja memiliki sifat ulet, kuat dan keras, bergantung dari seberapa banyak kandungan karbon yang ada didalam baja tersebut. Sifat ini dibutuhkan untuk komponen mesin yang saling bergesekan atau karena fungsinya harus mempunyai kekerasan tertentu. Kekerasan pada komponen mesin yang terbuat dari baja, dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas atau perlakuan permukaan. Proses peningkatan kekerasan menggunakan panas merupakan cara yang banyak dilakukan untuk baja karbon medium dan tinggi<sup>[1]</sup>.

Perlu tidaknya perlakuan panas dan bagaimana perlakuan panas yang dilakukan tergantung pada sifat coran dan penggunaannya. Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, lalu dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai. Perlakuan panas yang dilaksanakan pada coran adalah : pelunakan temperatur rendah, pelunakan, penormalan, pengerasan dan penemperan<sup>[2]</sup>. Tujuannya adalah untuk membuat logam tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan.

Perlakuan panas hanya bisa dilakukan pada logam campuran yang pada temperatur kamar mempunyai struktur mikro dua fase atau lebih. Sedang pada temperatur yang lebih tinggi fase-fase tersebut akan larut menjadi satu fase. Cara yang dipakai ialah dengan memanaskan logam sehingga terbentuk satu fase, kemudian diikuti dengan pendinginan cepat. Dengan cara ini pada temperatur kamar akan terbentuk satu fase yang kelewat jenuh. Bila logam dalam keadaan tersebut dipanaskan maka fase-fase yang larut akan mengendap<sup>[3]</sup>.

Baja merupakan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur C menjadi dasar pencampurannya. Di samping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti Sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1-1,7 % sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasinya itu, baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya<sup>[4]</sup>.

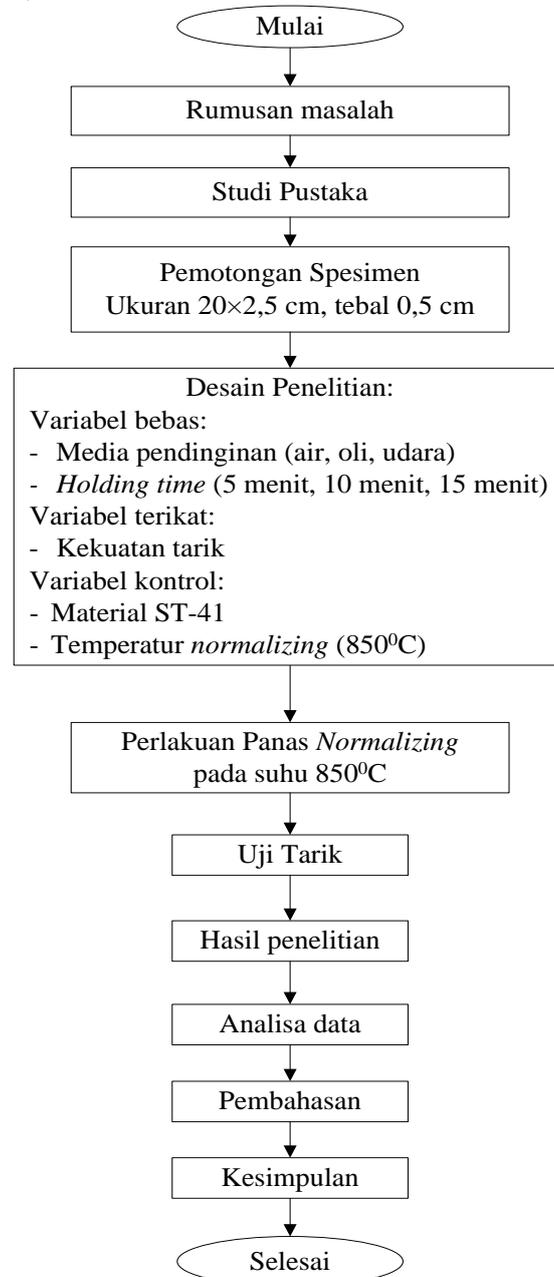
Baja ST 41 adalah jenis baja konstruksi dengan tensile strength 40 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini memiliki kandungan karbon (C) sebesar 0,10% , jadi termasuk baja karbon rendah. Baja ST 41 memiliki sifat tensile streng yang kadang kala butuh untuk dinaikan kekuatannya, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemanasan dan pendinginan dengan bertahap atau cepat sesuai dengan kebutuhan. Perubahan sifat fisik baja ST 41 akan tergantung dengan cara pendinginan dan pemanasan yang dilakukan termasuk jenis media pendingin yang dilakukan. Sehingga diperlukan upaya identifikasi jenis media pendingin yang sesuai dengan kebutuhan. oleh karena itu peneliti tertarik untuk melaksanakan penelitian dengan judul pengaruh media pendingin pada proses perlakuan panas terhadap kekuatan tarik material ST 41.

## 2. METODE PENELITIAN

Variabel penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut[5]:

- a. Variabel independent (bebas) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependent (terikat).

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah media pendinginan (air, oli, udara) dan holding time (5, 10 dan 15 menit).
- Variabel dependent (terikat) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik.
  - Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah material ST 41 dan suhu Normalizing 8500C (suhu standar untuk material ST-41 / 0,3% carbon).



Gambar 1. Alur Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian diawali dengan studi pustaka untuk mendapatkan informasi, data, dan teori yang berkaitan dengan obyek penelitian. Kemudian dilanjutkan prosedur penelitian (1) bahan dibentuk spesimen sesuai standar yang ditentukan dan memenuhi persyaratan specimen sejumlah 3 buah pada tiap-tiap jenis jenis pendinginan. (2) Perlakuan panas dilakukan dengan heat treatment/normalizing bertahap mulai suhu kamar hingga mencapai suhu 850°C kemudian ditahan (holding time) dengan kombinasi perlakuan 5 menit, 10 menit dan 15 menit dengan maksud agar pemanasan benar-benar merata pada seluruh lapisan spesimen. (3) Kemudian didinginkan pada masing-masing media yaitu udara, air dan oli.

Proses pengukuran (1) Catat data mesin tarik, (2) Ukur Dimensi spesimen (Panjang spesimen awal, gauge length awal, diameter awal, luas spesimen awal) dengan menghitung nilai rata-rata dari tiga kali pengukuran (3) Sebelum spesimen dipasang pada mesin tarik, buat grip pada plain end (shouldered end, threaded end, pin end, dan weld end) agar pada saat ditarik spesimen tidak mengalami slip. (4) Spesimen dipasang pada penjepit (5) Atur skala pembebanan (6) Kertas grafik dan pena di pasang (7) Pemberian pembebanan (8) Selama penarikan perhatikan perubahan yang terjadi pada spesimen maupun grafik, (besarnya) beban yield, perpanjangan saat yield, beban maksimum, perpanjangan saat beban maksimum, beban saat patah, dan perpanjangan saat patah) (9) Setelah patah, spesimen dilepas dari penjepit (10) Kedua bagian spesimen yang patah digabung kembali, kemudian ukur dan catat dimensi spesimen setelah patah (Panjang spesimen akhir, gauge length, diameter akhir, luas spesimen akhir, yield strength, elongation, reduction area)[7].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Deskripsi Data

Hasil pengujian kekuatan tarik yang digambarkan dalam tabel berikut.

**Tabel 1.** Data Hasil Uji Tarik

No	Holding Time	Media Pendingin	Kekuatan Tarik (kN)		Rata-rata Kekuatan tarik (kN)
			Pengujian 1	Pengujian 2	
1	5 menit	Air	63,4	58,7	61,1
2		Oli	53,8	66,2	59,9
3		Udara	54,9	68,2	59,4
4	10 menit	Air	56	64	60
5		Oli	61,3	60,7	61
6		Udara	63,0	56,0	59,5
7	15 menit	Air	71	57	64
8		Oli	61,7	64,3	63
9		Udara	66,9	55,7	61

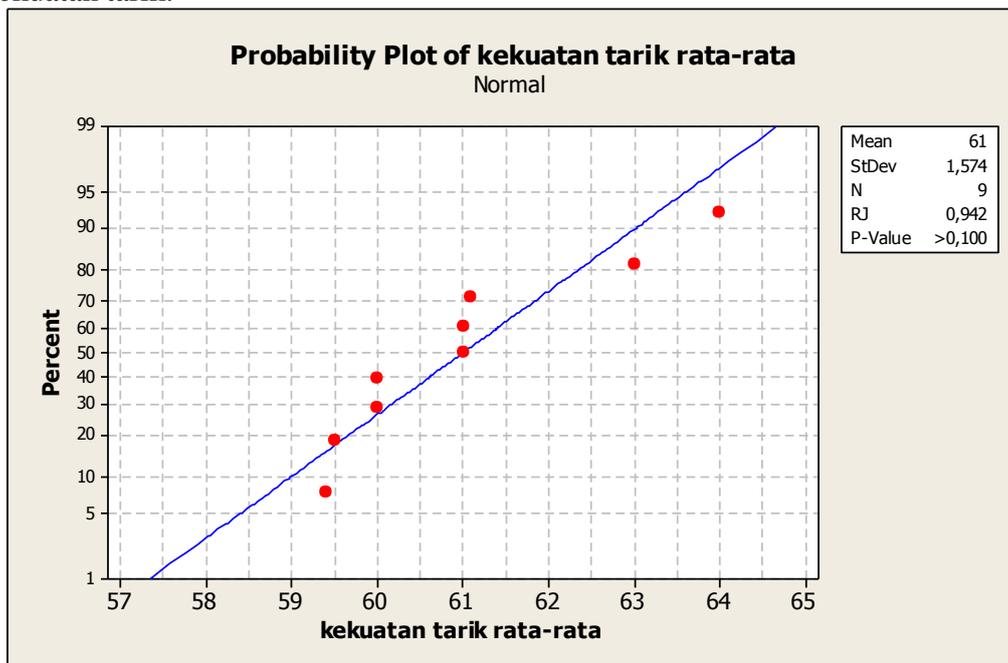
Dalam tabel tersebut, ditunjukkan hasil kekuatan tarik material ST 41 pasca perlakuan panas dengan holding time 5 menit, 10 menit dan 15 menit dengan menggunakan media pendingin air, oli dan udara dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik terendah terletak pada media pendingin udara dengan holding time selama 5 menit yaitu diperoleh kekuatan tarik sebesar 54,9 kN, sedangkan nilai

kekuatan tarik tertinggi terletak pada media pendingin air dengan holding time selama 15 menit yaitu sebesar 64,4 kN.

### b. Uji Kenormalan

Uji kenormalan residual dilakukan dengan menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov yang terdapat pada program *minitab 16*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data variabel berdistribusi normal atau tidak. Peneliti menggunakan taraf signifikan kesalahan sebesar  $\alpha = 5\%$  (0.05) dengan kata lain tingkat keyakinan atau kebenaran sebesar 95%<sup>[6]</sup>.

Di bawah ini gambar 4.5 merupakan Plot uji distribusi normal pada respon kekuatan tarik.



**Gambar 2.** Plot Uji Distribusi Normal pada kekuatan tarik.

Sehingga hipotesis yang digunakan adalah:

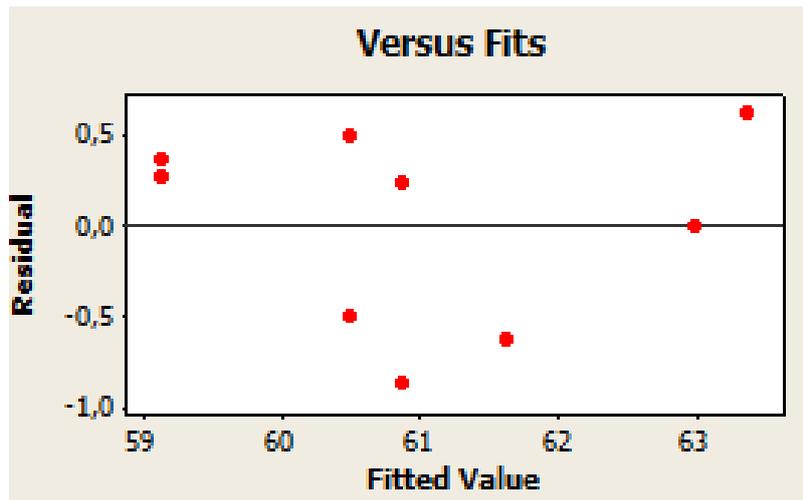
$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

$H_0$  ditolak jika *p-value* lebih kecil dari pada  $\alpha = 0.05$ . Gambar 4.3 menunjukkan bahwa dengan uji Kolmogorov-Smirnov diperoleh *P-Value* sebesar 0.100 yang berarti lebih besar dari  $\alpha = 0.05$ . Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  merupakan residual berdistribusi normal.

### c. Uji Identik

Setelah uji kenormalan kemudian uji identik untuk mengetahui apakah data penelitian yang dihasilkan identik atau tidak. Bila sebaran data pada *output* uji ini tersebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu disekitar harga nol maka data memenuhi asumsi identik. Namun bila *output* uji ini tersebar secara tidak acak dan membentuk pola tertentu disekitar harga nol maka data tidak memenuhi asumsi identik yang diperlukan.

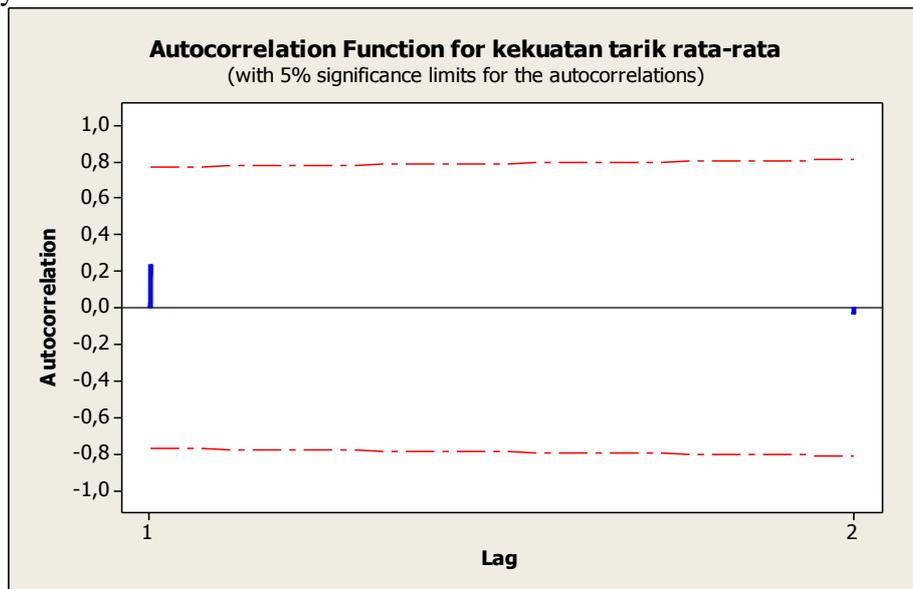


**Gambar 3.** Plot Residual versus pitted value

Gambar 3 menunjukkan bahwa residual terbesar secara acak disekitar harga *minus* dua dan tidak membentuk pola tertentu. Dengan demikian asumsi residual identik terpenuhi.

**d. Uji Independen**

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF) yang terdapat pada program *minitab 16*. Pengujian ini untuk mengetahui apakah terdapat nilai ACF yang keluar dari batas interval atau tidak. Bila tidak terdapat nilai yang melebihi batas interval maka data penelitian ini memenuhi asumsi identik, namun bila terdapat data penelitian yang melebihi batas interval maka terdapat hasil pengukuran yang terpengaruh oleh hasil pengukuran lainnya.



**Gambar 4.** Plot ACF pada kekuatan tarik

Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada gambar 4.5, tidak ada nilai AFC pada tiap *lag* yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada kolerasi antar residual artinya bersifat independen.

**e. Hasil Analisa Data**

Analisa data ini menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) dengan distribusi F perhitungan menggunakan program *minitab16* untuk mencari hipotesis disetiap variabel<sup>[8]</sup>. Hipotesis awal ( $H_0$ ) akan ditolak apabila nilai  $F_{hitung}$  melebihi nilai  $F_{tabel}$ . Untuk  $F_{hitung}$  didapatkan dari hasil analisa program *minitab* dan untuk  $F_{tabel}$  dari hasil  $F_{\alpha, a-1, N-a}$ , dimana “a” adalah banyak replikasi ditiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai  $F_{tabel}$  dapat kita lihat tabel *Presentage Point of the Distribution (continued)* pada halaman lampiran. Penarikan hasil untuk kekuatan tarik berdasarkan tabel distribusi untuk  $F_{(0.05; 1,16)}$  sebesar 4,49. Selain menggunakan nilai F, kita bisa juga menggunakan *P-Value* untuk menguji hipotesis awal ( $H_0$ ) akan ditolak bila *P-Value* kurang dari nilai taraf signifikan  $\alpha$ , dalam penelitian  $\alpha$  (signifikan) bernilai  $0.05 = 5\%$  .

**Tabel 2** Analisa Variansi Variabel Proses terhadap kekuatan tarik

Factor	Type	Levels	Values
holding timte	fixed	3	5; 10; 15
media pendingin	fixed	3	air; oli; udara

Analysis of Variance for kekuatan tarik rata-rata, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
holding timte	2	12,5000	12,5000	6,2500	10,81	0,024
media pendingin	2	5,0067	5,0067	2,5033	4,33	0,100
Error	4	2,3133	2,3133	0,5783		
Total	8	19,8200				

S = 0,760482 R-Sq = 88,33% R-Sq(adj) = 76,66%

Hasil analisa dengan menggunakan anova di atas dapat dibuat uji hipotesis sebagai berikut:

1) Untuk variabel bebas *holding time*

Kesimpulan:  $F_{hitung} = 10.81 > F_{(0.05; 1, 16)} = 4.49$ , maka  $H_0$  ditolak artinya ada pengaruh *holding time* terhadap kekuatan tarik.

2) Untuk variabel bebas media pendingin

Kesimpulan:  $F_{hitung} = 4.33 > F_{(0.05; 1, 16)} = 4.49$ , maka  $H_0$  diterima artinya tidak ada pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik.

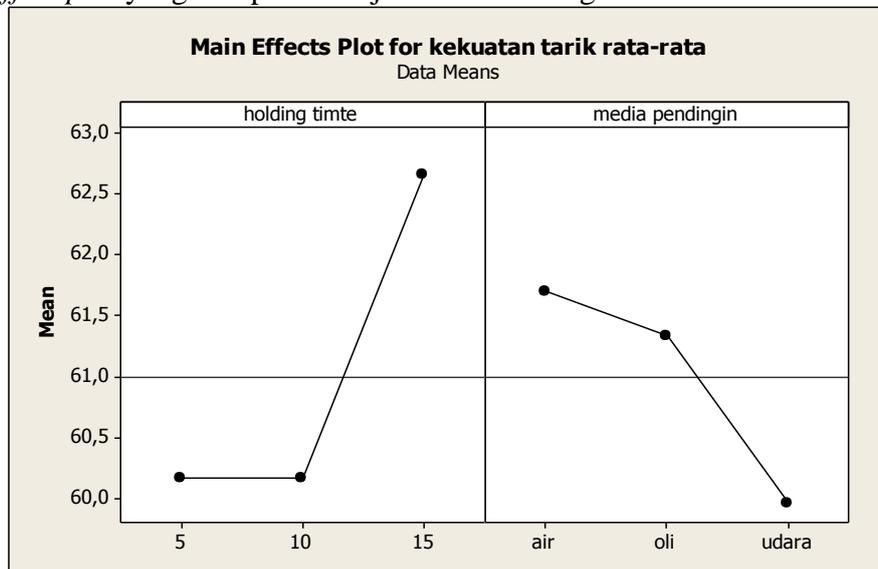
Pengujian hipotesis juga dapat dilakukan berdasarkan *P-Value* yang dibandingkan dengan nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ), apabila *P-Value* yang dihasilkan analisi varian lebih kecil dari nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ) maka variabel bebas dapat dipastikan memiliki pengaruh pada hasil kekuatan tarik pada penelitian. Dapat dilihat dari tabel 4.4 perbandingan nilai *P-Value* dan signifikan ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabel 3.** Perbandingan *P-Value* dan  $\alpha$

Variabel Bebas	<i>P-Value</i>	$\alpha$
Variasi <i> Holding Time</i>	0.024	< 0,05
Variasi Media Pendingin	0.100	> 0,05

Berdasarkan uji hipotesis *P-Value* pada tabel 4 dapat diketahui bahwa *P-Value* dari faktor *holding time* lebih kecil dari taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Hal ini membuktikan bahwa variasi *holding time* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik. Sedangkan hasil uji variasi media pendingin diketahui *p-value* lebih dari taraf signifikan 5% sehingga tidak terdapat pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik.

Hasil pengaruh kekuatan uji tarik dapat terlihat dengan jelas melalui gambar *main effect plot* yang didapat dari uji ANOVA sebagai berikut.



**Gambar 5.** Plot efek yang diberikan variabel bebas terhadap kekuatan tarik.

Pada gambar 5,

1. Hasil main effects plot menunjukkan holding time 15 menit memiliki hasil uji tarik yang lebih tinggi dibanding variasi holding time lainnya.
2. Media pendingin menunjukkan air memiliki hasil uji kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding media pendingin oli dan udara.

#### f. Pembahasan

Berdasarkan hasil metode analisis *analysis of varians* (ANOVA) yang telah dilakukan pada penelitian ini, terdapat kombinasi yang mampu menghasilkan kekuatan tarik yang optimal. Variasi yang mampu memberikan pengaruh paling optimal adalah *holding time selama 15 menit* dengan media pendingin air. *Holding time* atau waktu penahanan dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses perlakuan panas dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan terjadi difusi karbon dengan unsur paduan sehingga diperoleh struktur martensit yang lebih keras.

Untuk memperoleh struktur martensit yang keras maka pada saat pemanasan harus dapat terjadi pada struktur austenit (temperatur 760 °C), karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan masih terdapat struktur lain maka setelah didinginkan akan diperoleh struktur yang tidak seluruhnya martensit. Oleh karena itu penentuan temperatur dan lamanya holding time berperan penting terhadap pembentukan martensit.

Kekuatan tarik pada baja juga tergantung pada media *quenching* yang digunakan. Media *quenching* sangat berpengaruh terhadap laju pembentukan struktur martensit dan tingkat kekerasan. *Quenching* merupakan proses pendinginan cepat pada saat logam telah mengalami perlakuan panas hingga pada titik temperatur tertentu dengan kecepatan pendinginan tergantung media *quenching* yang digunakan. Penggunaan media pendingin dengan laju cepat akan menghasilkan tingkat kekerasan yang tinggi tetapi ketangguhan baja akan menurun. Oleh karena itu penggunaan media pendingin air yang merupakan pendinginan cepat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan baja sehingga baja mengalami peningkatan kekerasan yang cukup signifikan pada setiap spesimen perlakuan panas pada penelitian ini. Akan tetapi dengan menggunakan media pendinginan yang memiliki laju cepat memiliki kekurangan yaitu mengurangi tingkat ketangguhan baja<sup>[9]</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan peneliti, dimana holding time memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik Hasil ini berdasarkan analisa varian (ANOVA) dengan nilai p-value  $0.024 < 0,05$  nilai signifikan. sedangkan untuk media pendinginan tidak memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dimana p-value  $0.100 > 0,05$ . Variasi yang mampu memberikan pengaruh paling optimal adalah holding time selama 15 menit.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schonmetz, G. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam. Terjemahan Eddy D. Hardjapamekas*. Bandung: Angkasa Anggota IKAPI.
- [2] Surdia, T dan Chijiwa, K. 2009. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [3] Sumanto. 2010. *Dasar-dasar Mesin Pendingin*. Penerbit Andi : Yogyakarta
- [4] Wiryosumarto, H. & Okumura, T. 2008. *Teknologi Pengelasan Logam, Cet. 10*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [5] Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Bandung: Alfabeta.
- [6] Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- [7] Cahyono, Azis. 2015. Heat treatment Perlakuan Panas Dengan Cara Normalizing. *Jurnal: Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*.
- [8] Iriawan, N. 2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan. Minitab 16*. Yogyakarta: Andi.
- [9] Perdana. 2008. Perlakuan Bahan Menggunakan Quenching. *Jurnal: Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*.