

# PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* 300<sup>0</sup>C, 500<sup>0</sup>C DAN WAKTU TAHAN *TEMPERING* TERHADAP NILAI KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA TULANGAN *STEEL BOX QUENCH (TEMPCORE)*

Oleh: Abdul Aziz

Teknik Metalurgi Untirta

mang\_azis@yahoo.com

## ABSTRAK

Dengan semakin berkembangnya industri konstruksi saat ini, maka banyak diperlukan pemakaian dan pemilihan dari jenis-jenis baja tulangan yang digunakan untuk menunjang perkembangan dunia industri konstruksi. Baja tulangan lebih diutamakan memiliki sifat-sifat mekanik yang tinggi seperti ketangguhan, keuletan dan lain-lain. Terdapat tiga cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari baja tulangan, salah satunya ialah menggunakan *heat treatment*. *heat treatment* merupakan cara yang paling ideal untuk dilaksanakan dalam peningkatan kekuatan baja tulangan. Dan istilah *heat treatment* yang dimaksud adalah *tempcore*. Nama *tempcore* dipilih karena lapisan *martensite* pada permukaan mengalami proses temper oleh panas yang mengalir dari inti *core* ke permukaan batang baja pada akhir proses pendinginan. Secara teoritis untuk meningkatkan keuletan baja dapat menggunakan proses *tempering*, diharapkan melalui *tempering* dapat diketahui berapa besar pengaruh temperatur dan waktu *temper* terhadap sifat mekanis baja tulangan *tempcore*. *Tempering* adalah sebuah proses memanaskan kembali baja yang sudah dikeraskan dengan tujuan agar diperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi. Pada penelitian ini terdapat 10 sampel yang diteliti dengan masing-masing sampel mendapat variasi waktu tahan dan temperatur yang berbeda-beda yaitu dengan variasi waktu tahan 15, 35, dan 55 menit serta variasi temperatur 300, 400, serta 500<sup>0</sup>C dengan penomoran sampel A sampai dengan G Berdasarkan hasil penelitian maka didapatkan nilai sifat mekanik yang beragam seperti pengujian tarik terhadap keenam sampel ialah A: dengan besar nilai regang 22,66%, nilai batas ulur 46.43 kgf/mm<sup>2</sup>, dan kuat tarik 56.68 kgf/mm<sup>2</sup>, B: dengan besar nilai regang 18,75%, nilai batas ulur 46.28 kgf/mm<sup>2</sup>, dan kuat tarik 56.63 kgf/mm<sup>2</sup>, C: dengan besar nilai regang 16.41%, nilai batas ulur 46.92 kgf/mm<sup>2</sup>, dan kuat tarik 57.52 kgf/mm<sup>2</sup>, D: dengan besar nilai regang 22,66%, nilai batas ulur 46.63 kgf/mm<sup>2</sup>, dan kuat tarik 57.03 kgf/mm<sup>2</sup>, E: dengan besar nilai regang

### 1. LATAR BELAKANG

Dengan semakin berkembangnya industri konstruksi saat ini, maka banyak diperlukan pemakaian dan pemilihan dari jenis-jenis baja tulangan yang digunakan untuk menunjang perkembangan dunia industri konstruksi. Melihat perkembangan produk baja tulangan yang ada didunia saat ini, baja tulangan lebih diutamakan memiliki sifat-sifat mekanik yang tinggi seperti ketangguhan, keuletan dan lain-lain. proses *heat*

*treatment* merupakan cara yang paling ideal untuk dilaksanakan dalam peningkatan kekuatan baja tulangan Dan istilah *heat treatment* yang dimaksud adalah *tempcore*. Nama *tempcore* dipilih karena lapisan *martensite* pada permukaan mengalami proses temper oleh panas yang mengalir dari inti *core* ke permukaan batang baja pada akhir proses pendinginan. Secara teoritis untuk meningkatkan keuletan baja dapat menggunakan proses *tempering*, diharapkan melalui *tempering* dapat

diketahui berapa besar pengaruh temperatur dan waktu tahan *temper* terhadap sifat mekanis baja tulangan *tempcore*.

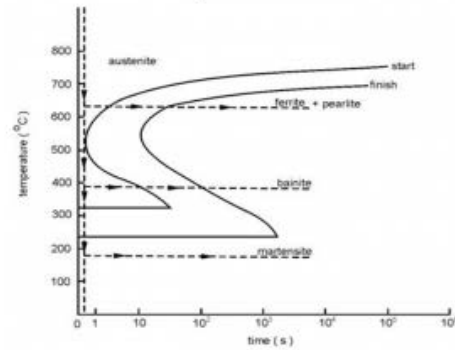
## 2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu tahan dan temperatur *tempering* pada baja tulangan *tempcore*
2. Untuk membandingkan nilai hasil pengujian tarik sebelum dan sesudah *tempering*
3. Dan untuk membandingkan struktur mikro sebelum dan sesudah *Tempering*

## 3. TEORI DASAR

Perlakuan panas atau biasa disebut dengan *heat treatment* dapat diartikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh sifat yang diinginkan dengan mengubah struktur mikronya. Struktur mikro yang terjadi pada akhir proses perlakuan panas yang dialami juga ditentukan oleh struktur awal material



**Gambar 1.** Diagram TTT

([file:upi.edu/Direktori/FPTK/JUR.../DIAGR AM\\_TTT.pdf](file:upi.edu/Direktori/FPTK/JUR.../DIAGR AM_TTT.pdf))

### a. Tempering

*Tempering* adalah sebuah proses memanaskan kembali baja yang sudah dikeraskan dengan tujuan agar diperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi. Proses temper berlangsung dengan memanaskan baja sampai dengan temperatur dibawah temperatur A1, kemudian menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan diudara.

### b. Waktu Tahan

Setelah mencapai kondisi pemanasan austenit maka dilakukan penahanan beberapa saat. Pada proses pengerasan waktu tahan merupakan bagian yang penting. Yang dimaksud dengan waktu tahan dalam hal ini ditujukan agar suhu lingkungan dapat berdifusi atau merambat

mencapai pusat benda pada saat proses pemanasan sehingga didapatkan kehomogenan atomnya

### c. Laju Pendinginan

Pendinginan cepat dapat dilakukan melalui media pendinginan yang berbeda-beda. Tiap jenis media pendingin mempunyai sifat yang berbeda pada laju pendinginannya tergantung pada konduktivitas thermalnya

### d. Proses *Tempcore*

Baja tulangan yang meninggalkan *pass* terakhir pada pencanaan panas didinginkan cepat (*quench*) dengan menggunakan media air pendingin yang dipasang antara *pass* atau stand terakhir menuju *flying shear*. Instalasi pendingin tersebut dirancang untuk mampu mendinginkan batang baja, sehingga struktur lapisan luar berupa martensit, sedangkan struktur pada bagian inti baja tulangan masih berupa austenit. Perlakuan pendinginan cepat ini bisa dihentikan jika telah mencapai kedalaman tertentu. Ketika baja tulangan telah melewati saluran pendinginan cepat itu, gradien temperatur yang cukup tajam antara bagian inti dan permukaan baja tulangan akan menyebabkan perpindahan panas dari daerah inti ke permukaan. Hal ini akan meningkatkan temperatur batang baja

sehingga lapisan martensit mengalami proses *tempering*. Nama *tempcore* dipilih karena lapisan martensit pada permukaan dilakukan proses temper oleh panas yang mengalir ke permukaan baja tulangan pada proses akhir pendinginan dari *core*.

### e. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

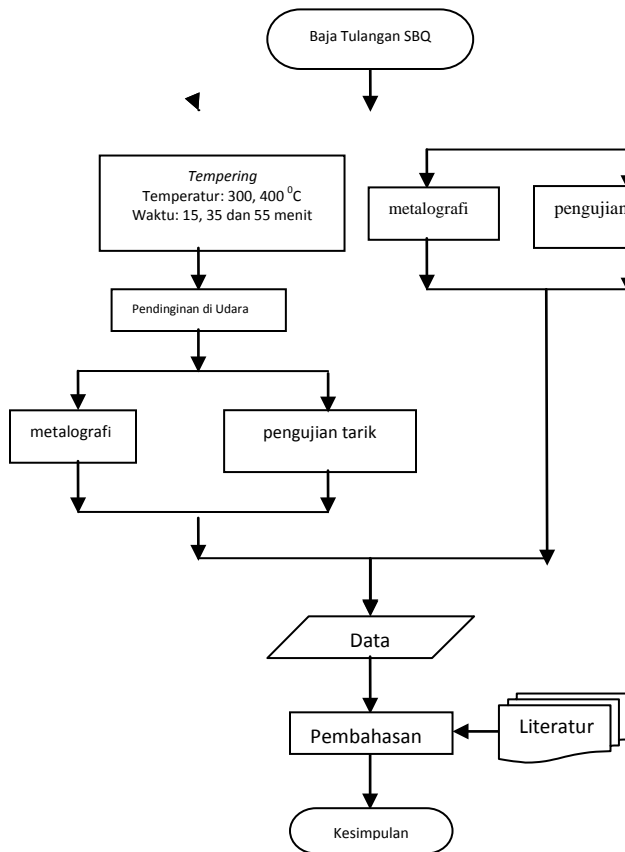
### f. Metalografi

Metalografi adalah suatu metode atau teknik persiapan material untuk mengukur, baik secara kuantitatif maupun kualitatif dari informasi-informasi yang terdapat dalam material yang dapat diamati, seperti fasa, butir, komposisi kimia, orientasi butir, jarak atom, dislokasi, topografi dan sebagainya

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Tugas Akhir ini penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu : menentukan tujuan dari penelitian,

mengumpulkan landasan teori, menentukan prosedur penelitian, Melakukan pengujian dan analisa hasil pengujian. Tahapan penelitian tersebut disusun agar penelitian berjalan secara sistematis. Langkah-langkah untuk pengujian specimen ini adalah seperti diagram alir dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**5. Data Hasil Penelitian**

**a. Data Hasil Tempering**

Terdapat tujuh sampel pada proses *tempering* ini. Dengan masing-masing waktu tahan dan temperatur *tempering* yang memiliki

variasi berbeda-beda dan memiliki 2 panjang yang berbeda-beda juga. Hasil dari *tempering* adalah sebagai berikut:

**Tabel 1. Data hasil Tempering**

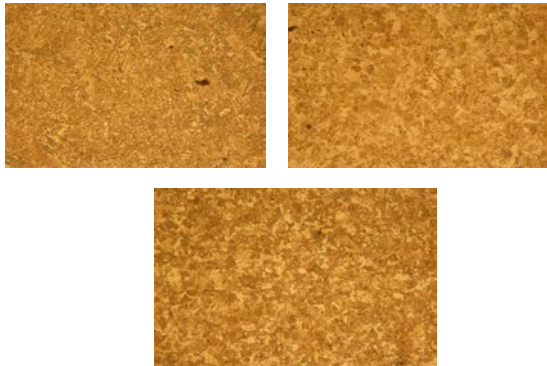
Sampel	Waktu Tahan	Temperatur
A	15 menit	300 <sup>o</sup> C
B	35 menit	300 <sup>o</sup> C
C	55 menit	300 <sup>o</sup> C
D	15 menit	500 <sup>o</sup> C
E	35 menit	500 <sup>o</sup> C
F	55 menit	500 <sup>o</sup> C
G	RAW Material	

**b. Data Hasil Uji Tarik**

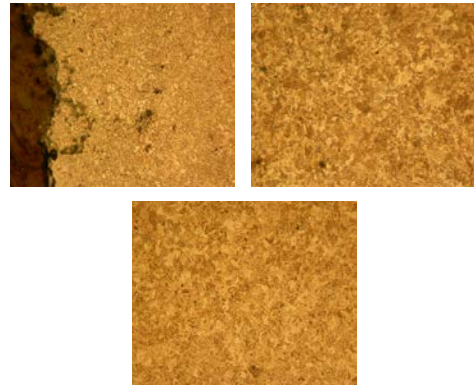
**Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik**

Sampel	Regang (%)	Batas Ulur (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik (Kgf/mm <sup>2</sup> )
A	22.66	46.43	56.68
B	18.75	46.28	56.63
C	16.41	46.92	57.52
D	22.66	46.63	57.03
E	23.44	45.73	56.33
F	21.09	46.88	56.88
G	13.28	47.42	57.08

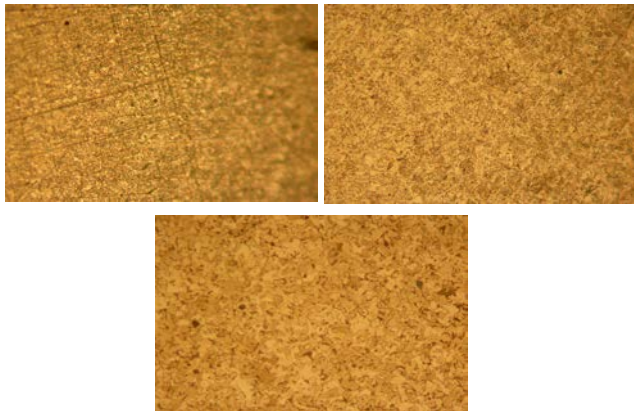
**c. Data Hasil Metalografi**



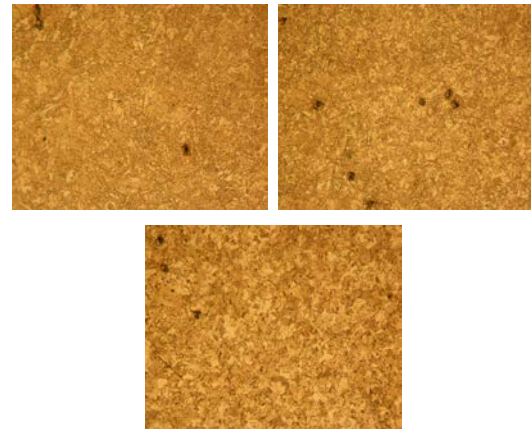
**Gambar 3.** Struktur mikro sampel A yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 300°C dengan waktu tahan 15 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



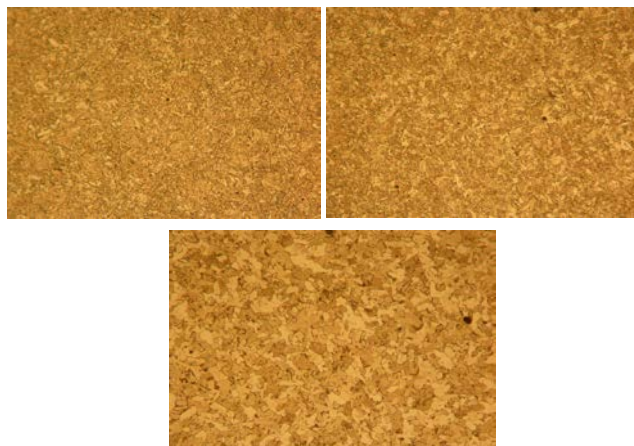
**Gambar 6.** Struktur mikro sampel D yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 500°C dengan waktu tahan 15 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



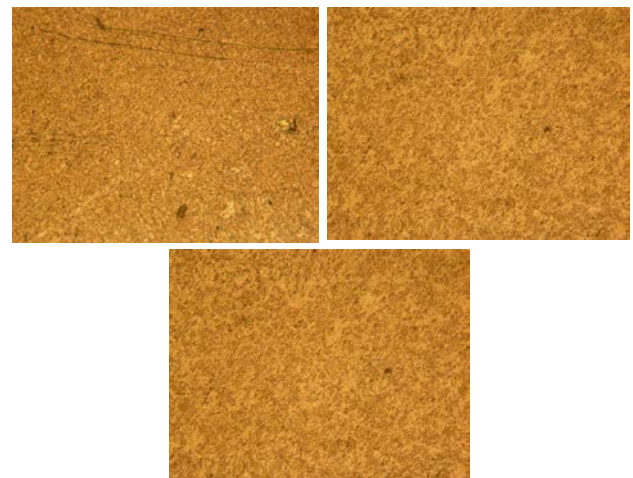
**Gambar 4.** Struktur mikro sampel B yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 300°C dengan waktu tahan 35 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



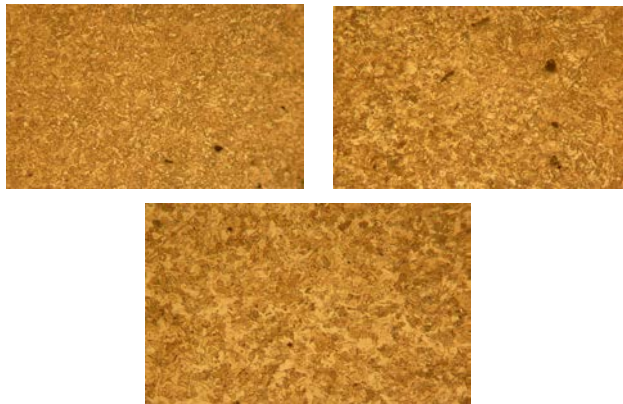
**Gambar 7.** Struktur mikro sampel E yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 500°C dengan waktu tahan 35 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



**Gambar 5.** Struktur mikro sampel C yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 300°C dengan waktu tahan 55 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



**Gambar 8.** Struktur mikro sampel F yang telah mengalami proses *tempering* dengan temperatur 500°C dengan waktu tahan 55 menit, gambar diambil dengan pembesaran 200x



Gambar 9. Struktur mikro sampel G (*Raw material*), gambar diambil dengan pembesaran 200x

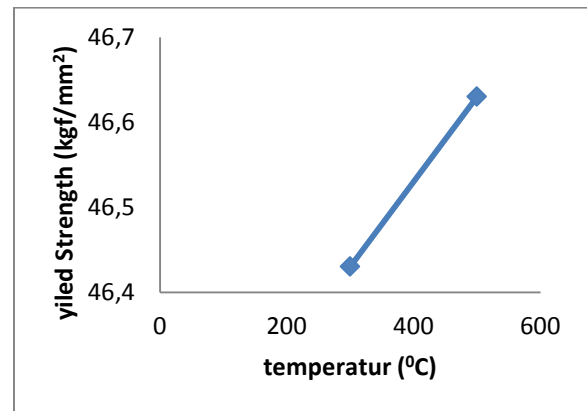
## 6. Pembahasan

Pada *raw material*, besarnya kekuatan tarik adalah sebesar  $57.08 \text{ kgf/mm}^2$  nilai batas ulur  $47.42 \text{ kgf/mm}^2$  dan persentase pertambahan panjangnya sebesar  $13,28 \%$ . dan dari hasil pengamatan struktur mikro maka terdapat 3 titik yang memiliki struktur mikro yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar nomor 9, pada gambar tersebut dapat kita lihat struktur mikro seperti *martensite* temper, *mixed bainite product*, serta struktur mikro *ferrite pearlite*.

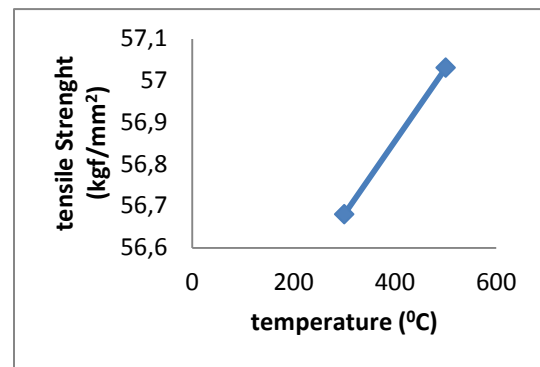
### d.1 Variasi temperatur dengan waktu tahan 15 menit

Pada penelitian ini, proses *tempering* menggunakan variasi waktu 300, serta  $500^\circ\text{C}$  dengan penyeteraan waktu tahan yaitu 15 menit, dan sampel yang mendapat perlakuan ini ialah sampel dengan nomor A, dan D Sampel A yang mengalami *tempering* dengan temperatur  $300^\circ\text{C}$  memiliki nilai kuat tarik  $56.68 \text{ kgf/mm}^2$ , *Yield strength* sebesar  $46.43 \text{ kgf/mm}^2$  serta *elongation*  $22.66 \%$ . Sampel D yang mengalami

*tempering* dengan temperatur  $500^\circ\text{C}$  memiliki nilai kuat tarik  $57.03 \text{ kgf/mm}^2$  *Yield strength* sebesar  $46.63 \text{ kgf/mm}^2$  serta *elongation*  $22.66 \%$ . nilai *yield strength* yang paling maksimum dimiliki oleh sampel D yang juga memiliki nilai *tensile strength* paling besar seperti yang terlihat pada grafik-grafik dibawah ini.

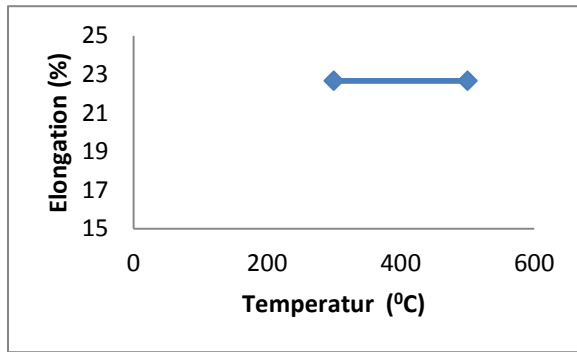


Gambar 10. Grafik pengaruh temperatur terhadap *yield strength* pada waktu tahan 15 menit.



Gambar 11. Grafik pengaruh temperatur terhadap *tensile strength* pada waktu tahan 15 menit.

Dan untuk nilai *elongation* pada kedua sampel tersebut kedua sampel memiliki nilai yang sama. seperti yang dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 12. Grafik pengaruh temperatur terhadap *elongation* pada waktu tahan 15 menit.

Dari hasil pengamatan struktur mikro sampel A, dan D. maka terdapat 3 titik yang memiliki struktur mikro yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar nomor 3, dan 6 pada gambar-gambar tersebut tersebut dapat kita lihat struktur mikro seperti *martensite temper*, *mixed bainite product*, serta struktur mikro *ferrite pearlite* akan tetapi struktur mikro yang terlihat pada ketiga sampel tersebut agak lebih halus dari struktur mikro *raw material*nya.

Dan apabila nilai *tensile strength* dari ketiga sampel A dan D dibandingkan dengan nilai *tensile strength raw material* (sampel G) maka akan didapat bahwa nilai *tensile strength* dari ketiga sampel tersebut mengalami penurunan nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *tensile strength*.

Nilai *yield strength* dari ketiga sampel A dan D apabila dibandingkan dengan nilai *yield strength raw material*

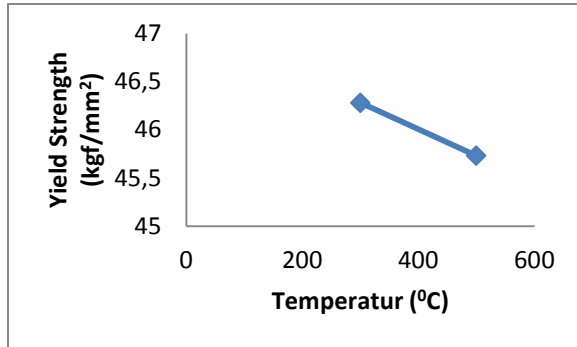
(sampel J), akan didapat bahwa nilai *yield strength* dari ketiga sampel tersebut mengalami penurunan, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *yield strength*.

Besarnya nilai *elongation* dari ketiga sampel A dan D apabila dibandingkan dengan nilai *elongation raw material* (sampel J) maka akan didapat bahwa nilai *elongation* dari ketiga sampel tersebut mengalami peningkatan nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan meningkatnya nilai *elongation*.

#### d.1 Variasi temperatur dengan waktu tahan 35 menit

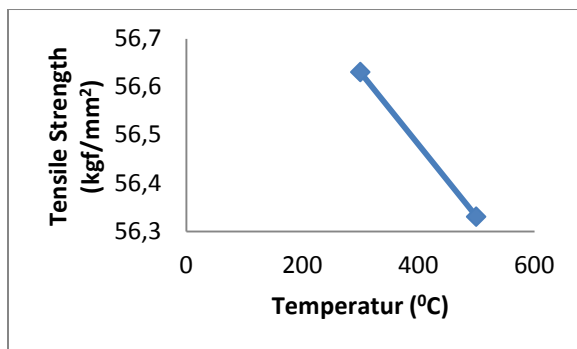
Pada penelitian ini, proses *tempering* menggunakan variasi waktu 300 serta 500 °C dengan penyetaraan waktu tahan yaitu 35 menit, dan sampel yang mendapat perlakuan ini ialah sampel dengan nomor B dan E. Sampel B yang mengalami *tempering* dengan temperatur 300°C memiliki nilai kuat tarik 56.63 kgf/mm<sup>2</sup>, *Yield strength* sebesar 46.28 kgf/mm<sup>2</sup> serta *elongation* 18.75 %. Sampel E yang mengalami *tempering* dengan temperatur 400°C memiliki nilai kuat tarik 55.68 kgf/mm<sup>2</sup>, *Yield strength* sebesar 44.98 kgf/mm<sup>2</sup> serta *elongation* 18.75 %. Dari kedua sampel

yang mendapatkan waktu tahan 35 menit, maka dapat disimpulkan nilai *yield strength* yang paling maksimum dimiliki oleh sampel B seperti yang terlihat pada grafik-grafik dibawah ini



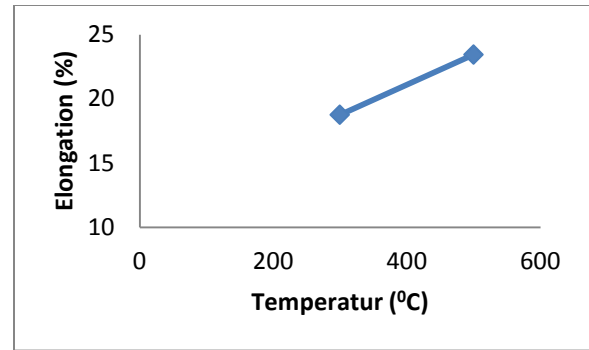
Gambar 13. Grafik pengaruh temperatur terhadap *yield strength* pada waktu tahan 35 menit.

Untuk nilai *tensile strength* nilai maksimum dari kedua sampel dimiliki oleh sampel B. seperti dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 14. Grafik pengaruh temperatur terhadap *tensile strength* pada waktu tahan 35 menit.

Dan untuk nilai *elongation* pada ketiga sampel tersebut nilai yang tertinggi dimiliki oleh sampel E. Seperti yang dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 15. Grafik pengaruh temperatur terhadap *elongation* pada waktu tahan 35 menit.

Dari hasil pengamatan struktur mikro sampel B dan E maka terdapat 3 titik yang memiliki struktur mikro yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar nomor 4 dan 7, pada gambar tersebut dapat kita lihat struktur mikro seperti *martensite* temper, *mixed bainite product*, serta struktur mikro *ferrite pearlite* akan tetapi struktur mikro yang terlihat lebih halus dari struktur mikro *raw materialnya*, pada temperatur ini tidak terjadi perubahan fasa dikarenakan temperatur tempering yang sangat kecil sehingga tidak dapat mengubah fasa-fasa yang telah ada menjadi fasa yang baru.

Dan apabila nilai *tensile strength* dari kedua sampel B dan E dibandingkan dengan nilai *tensile strength raw material* (sampel G) maka akan didapat bahwa nilai *tensile strength* dari ketiga sampel tersebut mengalami penurunan nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *tensile strength*.



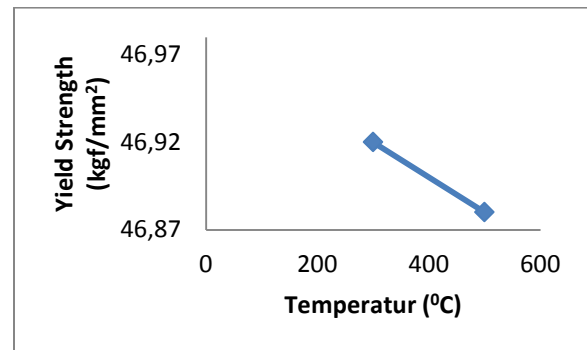
Nilai *yield strength* dari kedua sampel B dan E, apabila dibandingkan dengan nilai *yield strength raw material* (sampel G), akan didapat bahwa nilai *yield strength* dari ketiga sampel tersebut mengalami penurunan, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *yield strength*.

Besarnya nilai *elongation* dari kedua sampel B dan E apabila dibandingkan dengan nilai *elongation raw material* (sampel G) maka akan didapat bahwa nilai *elongation* dari ketiga sampel tersebut mengalami peningkatan nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan meningkatkan nilai *elongation*.

#### d.1 Variasi temperatur dengan waktu tahan 55 menit

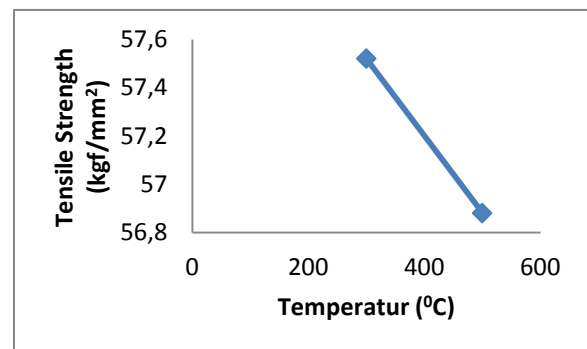
Pada penelitian ini, proses *tempering* menggunakan variasi waktu 300 serta 500 °C dengan penyetaraan waktu tahan yaitu 55 menit, dan sampel yang mendapat perlakuan ini ialah sampel dengan nomor C dan F. Sampel C yang mengalami *tempering* dengan temperatur 300 °C memiliki nilai kuat tarik 57.52 kgf/mm<sup>2</sup>, *Yield strength* sebesar 46.92 kgf/mm<sup>2</sup> serta *elongation* 16.41 %. Sampel F yang mengalami *tempering* dengan temperatur 500 °C

memiliki nilai kuat tarik 56.88 kgf/mm<sup>2</sup> *Yield strength* sebesar 46.88 kgf/mm<sup>2</sup> serta *elongation* 21.09 %. Dari kedua sampel yang mendapatkan waktu tahan 55 menit, maka dapat disimpulkan bahwa Nilai *yield strength* yang paling maksimum dimiliki oleh sampel C seperti yang terlihat pada grafik-grafik dibawah ini:



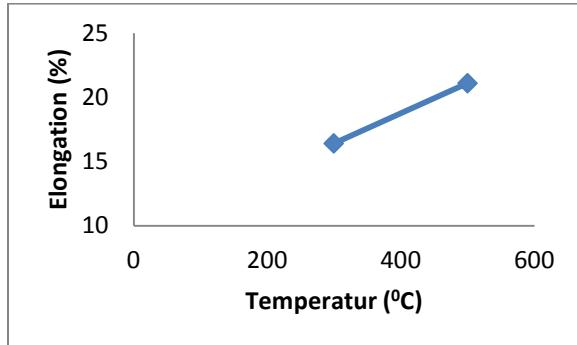
Gambar 15. Grafik pengaruh temperatur terhadap *yield strength* pada waktu tahan 55 menit.

Nilai *tensile strength* yang paling maksimum dimiliki oleh sampel C seperti yang terlihat pada grafik-grafik dibawah ini:



Gambar 16. Grafik pengaruh temperatur terhadap *tensile strength* pada waktu tahan 55 menit.

Nilai *elongation* yang paling maksimum dimiliki oleh sampel F seperti yang terlihat pada grafik-grafik dibawah ini:



Gambar 17. Grafik pengaruh temperatur terhadap *elongation* pada waktu tahan 55 menit.

Dari hasil pengamatan struktur mikro sampel C dan F. maka terdapat 3 titik yang memiliki struktur mikro yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar nomor 5 dan 8, pada gambar tersebut dapat kita lihat struktur mikro seperti *martensite* temper, *mixed bainite product*, serta struktur mikro *ferrite pearlite* akan tetapi struktur mikro yang terlihat lebih halus dari struktur mikro *raw material*nya, pada temperatur ini tidak terjadi perubahan fasa dikarenakan temperatur *tempering* yang sangat kecil sehingga tidak dapat mengubah fasa-fasa yang telah ada menjadi fasa yang baru.

Dan apabila nilai *tensile strength* dari kedua sampel C dan F dibandingkan dengan nilai *tensile strength raw material* (sampel G) maka akan didapat bahwa nilai *tensile strength* dari ketiga sampel tersebut, hanya sampel F yang mengalami penurunan

nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *tensile strength*. Namun hal ini tidak terjadi pada sampel C, hal ini dapat disebabkan karena pada satu buah sampel awal yang memiliki *heat number* yang sama, akan tetapi ada beberapa bagian yang memiliki nilai *tensile strength* yang berbeda dengan dengan *raw material* yang digunakan.

Nilai *yield strength* dari kedua sampel C dan F apabila dibandingkan dengan nilai *yield strength raw material* (sampel G), akan didapat bahwa nilai *yield strength* dari kedua sampel tersebut mengalami penurunan, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan menurunnya nilai *yield strength*.

Besarnya nilai *elongation* dari kedua sampel C dan F apabila dibandingkan dengan nilai *elongation raw material* (sampel G) maka akan didapat bahwa nilai *elongation* dari ketiga sampel tersebut mengalami peningkatan nilai, hal ini sesuai dengan teori mengenai *tempering*, dimana keuletan akan meningkat yang ditandai dengan meningkatnya nilai *elongation*.

## 7. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *tempering* dapat menurunkan sifat kekerasan, dan meningkatkan keuletan dari sampel yang di uji.
2. Hasil pengujian tarik yang dilakukan secara keseluruhan dapat menunjukkan bahwa sampel memiliki peningkatan pada sifat keuletannya.
3. Struktur mikro yan terbentuk secara keseluruhan ialah *martensite* temper, *mixed bainite product*, serta struktur mikro *ferrite pearlite* dengan tingkat kehalusan yang berbeda-beda

## 8. SARAN

Berdasarkan data hasil penelitian, serta dihubungkan dengan beberapa jurnal dan literatur, maka saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Melakukan proses *tempering* dengan variasi waktu tahan yang lebih lama agar didapat perubahan sifat yang signifikan.
2. Penambahan sampel pada masing-masing variasi waktu tahan dan temperature *tempering* minimal 3 sampel, untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi selama proses *tempering* dan pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhamidi Ali, A. *Diktat Perlakuan Panas*. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Anonim, [http://www.alatuji.com/article/detai/1/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan-#.T\\_WBc5EkTFE](http://www.alatuji.com/article/detai/1/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan-#.T_WBc5EkTFE)
- Anonim, [http://www.alatuji.com/article/detai/1/2/uji-tarik-apa-sih-what-is-tensile-test#.T\\_WCCpEkTFE](http://www.alatuji.com/article/detai/1/2/uji-tarik-apa-sih-what-is-tensile-test#.T_WCCpEkTFE)
- Anonim, 2011. *Pengujian kekerasan Rockwell*. <http://cybersatu.blogspot.com/2011/05/pengujian-kekerasan-rockwell.html>
- Anonim. 2010. *Metalografi*. <http://yefrichan.wordpress.com/2010/05/31/metalografi/>
- Anonim. *Study Literatur Untuk Optimasi Laku Panas Quenching Dan Tempering Untuk Baja Wear Resistan.t*
- Dwi Cahyono, Agung. 2005. *Analisa pengaruh temperatur pada proses tempering terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja AISI 1045 dan AISI 4140*. Universitas Kristen Petra.Surabaya
- Gunawan, Santoso. 1997. *Studi pengaruh variasi perlakuan quench hardening dan tempering terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja AISI O1*. Universitas Kristen Petra.Surabaya
- Saputra, Trianjaya Agus. 2009. *Optimasi Laku Panas Quenching dan Tempering pada Baja Tahan Aus (Wear Resistant Steel)*. FT. UNTIRTA.Cilegon
- Triajati, Lukfawan. 2008. *Mekanisme Fading Pada Komposisi Paduan Ac4b*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.Depok