

**ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN HEAT
TREATMENT TERHADAP KONDUKTIVITAS THERMAL
BAJA AISI 4140**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

AHMAD ROSHID RIDHO
D200150095

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

“ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN HEAT TREATMENT TERHADAP KONDUKTIVITAS THERMAL BAJA AISI 4140”

PUBLIKASI ILMIAH

AHMAD ROSHID RIDHO

NIM : D200150095

Oleh :

Telah dipertahankan di depan dewan penguji Jurusan Teknik Mesin

sekolah Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Pada hari Sabtu,

18 Januari 2020.

AHMAD ROSHID RIDHO

NIM : D200150095

1. **Amin Sulistyanto S.T., M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)

2. **Dr. Joko Setyo** Telah disetujui dan di periksa oleh :
(Anggota I Dewan Penguji)

3. **Ir. Sarwono Putra, M.T.**
(Anggota II Dewan Penguji)

Dosen

Pembimbing Tugas Akhir,

Amin Sulistyanto.S.T.,M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

“ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN HEAT TREATMENT TERHADAP KONDUKTIVITAS THERMAL BAJA AISI 4140”

Oleh :

AHMAD ROSHID RIDHO

NIM : D200150095

Telah dipertahankan di depan dewan penguji jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Pada hari Sabtu,
18 Januari 2020 Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. **Amin Sulistyanto, S.T., M.T.**
(Ketua Dewan Penguji).
2. **Dr. Joko Sedyono.**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ir. Sartono Putro., M.T.**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

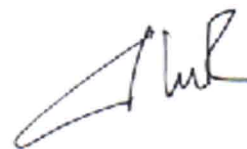
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini, tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 08 Februari 2020

Penulis



Ahmad Roshid Ridho

D200150095

ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN *HEAT TREATMENT* TERHADAP KONDUKTIVITAS *THERMAL* PADA BAJA AISI 4140

Abstrak

Baja AISI 4140 merupakan baja yang mengandung kromium 0.98 % , karbon 0,42 % , ini menunjukkan bahwa baja AISI 4140 termasuk baja Paduan rendah. Baja ini juga cocok untuk dilakukan proses heat treatment bisa menambah kekerasan dari baja tersebut. Penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin proses heat treatment terhadap perubahan struktur mikro dan konduktivitas thermal baja AISI 4140. Proses pembuatan spesiment ,baja dipotong dengan tebal 4mm dan 2mm dengan diameter 40 mm sebanyak 4 buah kemudian diheat treatment dengan suhu 850°C selama 30 menit dan didinginkan menggunakan media pendingin udara, air dan oli. Setelah proses heat treatment baja kemudian di uji foto struktur mikro dan uji konduktivitas termal. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perubahan struktur mikro mempengaruhi nilai konduktivitas thermal baja AISI 4140. Baja AISI 4140 yang dilakukan heat treatment menggunakan pendingin udara memiliki butiran yang besar dan memiliki nilai konduktivitas yang baik.

Kata kunci : "AISI 4140, heat treatment, struktur mikro, konduktivitas thermal

Abstrak

AISI 4140 steel is steel containing 0.98% chromium, 0.42% carbon, this shows that AISI 4140 steel is a low alloy steel. This steel is also suitable for the heat treatment process which can increase the hardness of the steel. This study aims to determine the effect of the heat treatment process media on changes in microstructure and thermal conductivity of AISI 4140 steel. The process of making specimens, steel cut 4mm thick and 2mm with a diameter of 40 mm by 4 pieces then treated with a temperature of 850 ° C for 30 minutes and cooled using air, water and oil cooling media. After the heat treatment process the steel is then tested for microstructure and thermal conductivity test. The results of the study show that changes in the microstructure affect the thermal conductivity value of AISI 4140 steel. AISI 4140 steel which is heat treated using oil coolers has large granules and has good conductivity values. whereas steel which is cooled by using air has small granules and low conductivity.

Keywords: "AISI 4140, heat treatment, micro structure, thermal conductivity

1. PENDAHULUAN

Pada era saat ini perkembangan teknologi semakin maju, yang tentunya juga diimbangi dengan teknologi yang tepat guna serta kualitas yang lebih baik. Baja merupakan salah satu jenis material yang sering dijumpai. Mulai dari

kontruksi kendaraan, jalan, jembatan, kapal, dan masih banyak lagi. Di sekitar kita terdapat banyak jenis baja mulai dari baja kadar karbon rendah sampai karbon tinggi yang masing masing baja memiliki sifat material yang berbeda.

Salah satu karakteristik material adalah konduktivitas termal,yaitu sifat bahan yang menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas ,jika gradien temperaturnya satu.konduktivitas termal juga dapat menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Sifat ini berguna antara lain untuk rekayasa Teknik, seperti dalam perencanaan , perhitungan beban pendinginan pada system refrigerasi dan tata udara, dan sebagainya .

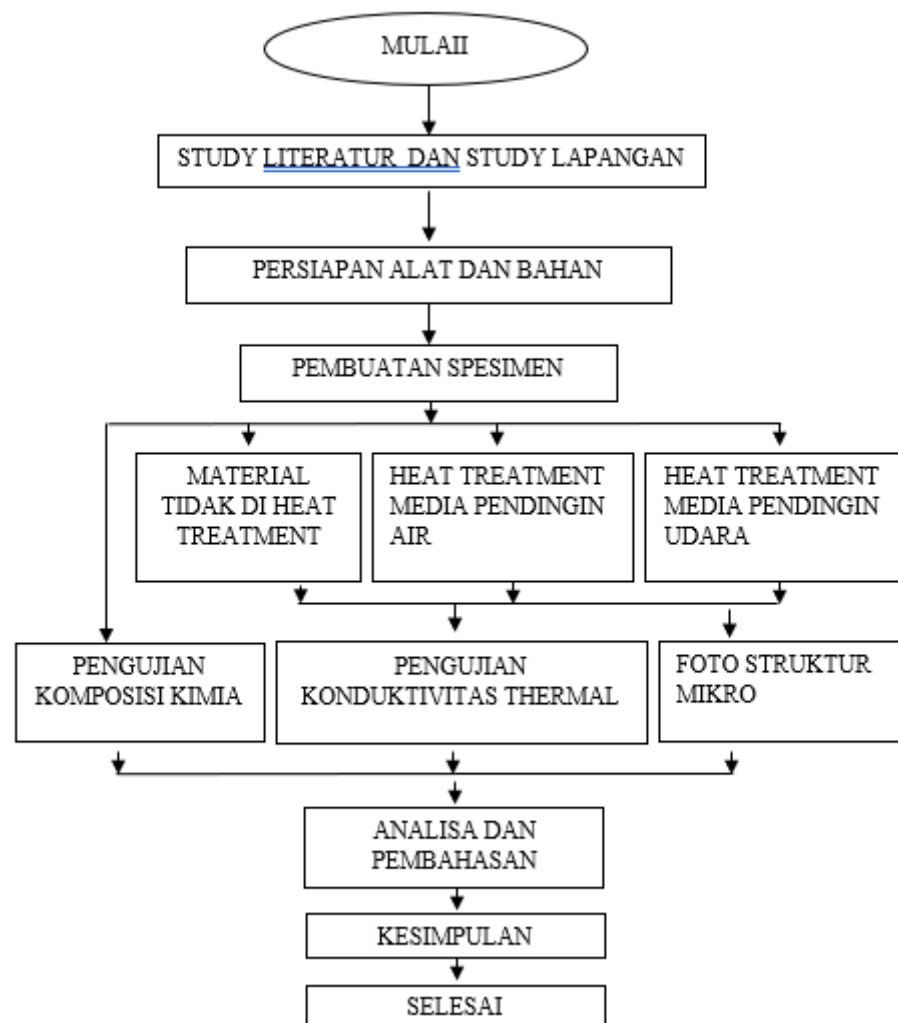
Namun dengan seiring perkembangan zaman dan kemajuan ilmu dan teknologi terdapat berbagai macam metode yang digunakan untuk mendapatkan sifat mekanis dari suatu logam salah satunya adalah heat treatment.

Heat treatment merupaka proses mengubah struktur logam dengan cara memanaskan logam di dalam tungku dengan suhu tertentu dan didinginkan dengan media pendingin. Media pendingin yang sering digunakan seperti air, oli, air garam, solar dan masih banyak lagi yang bisa digunakan sebagai media pendingin. Dalam proses heat treatment terdapan berbagai macam metode pendinginan yaitu aneling, normalizing, dan quenching. Anealing yaitu proses pendinginan dengan cara didiamkan didalam tungku sampai berubah menjadi suhu kamar. Normalizing yaitu proses pendinginan dengan cara di keluarkan dari dalam tungku dan dibiarkan di udara bebas sampai suhu kamar. Quenching yaitu proses pendinginan secara cepat dengan dibantu dengan media pendingin air, oli, solar, air garam dan masih banyak lagi.

Pada penelitian kali ini baja AISI 4140 di heat treatment dengan tujuan mengetahui pengaruh media pendingin proses heat treatment terhadap struktur mikro dan konduktivitas thermal. Pada proses heat treatment kali ini menggunakan teknik pendinginan quenching dengan media air,oli dan udara.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat Dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat

1. Alat Uji Konduktivitas thermal
2. Alat Uji Komposisi Kimia
3. Alat Uji Struktur Mikro
4. Peralatan Pengukuran (Jangka Sorong, Stop Watch)
5. Peralatan Penunjang (penjepit, amplas, autosol, kain bludru)
6. Alat safety

2.2.2 Bahan

1. Baja AISI 4140
2. Media Pendingin (air, oli)
3. Bahan Etsa (HCL dan Aquades)

3.3 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini dilakukan dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur Pencarian data yang berhubungan dengan penelitian dari jurnal atau buku yang sesuai
2. Persiapan alat dan bahan Mempersipkan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian. Bahan yang digunakan adalah baja AISI 4140
3. Pembuatan spesimen Besi yang akan digunakan dalam penelitian dipotong dan dibentuk sesuai yang dibutuhkan kemudian besi di treatment dengan suhu 850 kemudian didinginkan secara cepat dengan menggunakan media pendingin oli air dan udara
4. Melakukan pengujian Baja yang sudah di heat treatment kemudian di uji konduktivitas thermal dan foto struktur mikro
5. Analisa hasil dan pembahasan Hasil dari pengujian konduktivitas thermal kemudian dibandingkan antara besi yang di heat treatment dan yang netral sehingga mendapatkan perbedaan dan menganalisis perbedaan tersebut
6. Kesimpulan Setelah melakukan analisis hasil yang didapatkan maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian tersebut

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam spesimen uji. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji komposisi kimia (*Spectrometer*). Pengujian dilakukan dengan penembakan terhadap permukaan sampel uji (yang sudah dihaluskan) dengan gas argon, penembakan dilakukan sebanyak 2 titik, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hasil uji komposisi kimia pada *raw material* disajikan dalam tabel 4.1.

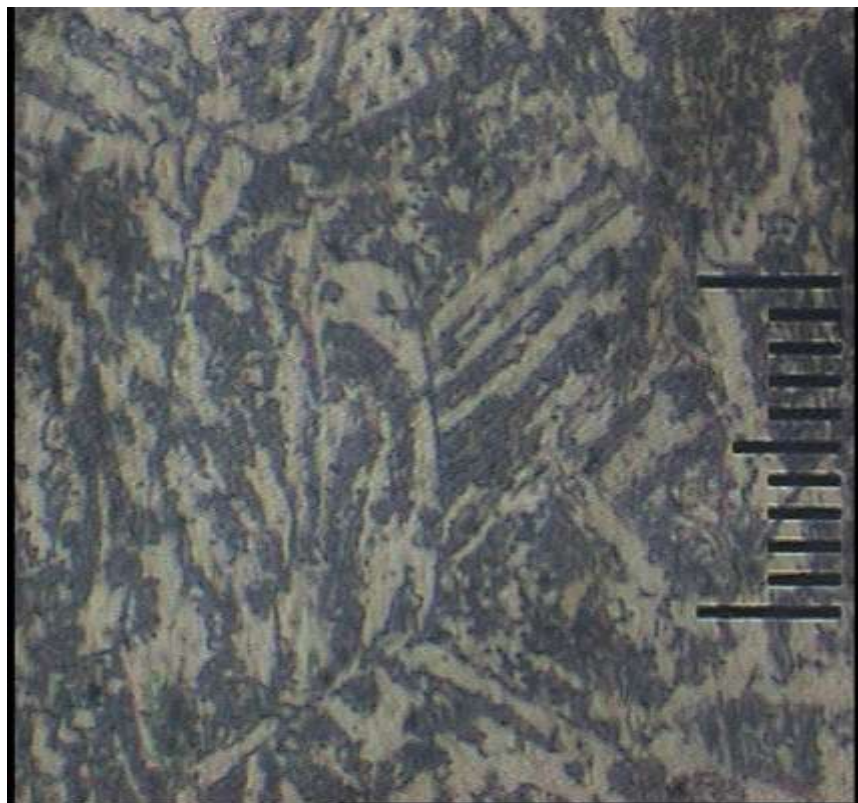
Tabel 1 Hasil pengujian komposisi kimia

Unsur	Jumlah(%)
Fe	97.3234
Cr	0.9851
Mn	0.7555
C	0.4215
Si	0.2117
Mo	0.1647
S	0.0116
AL	0.0143
Ni	0.0134
Nb	0.0016
V	0.008
W	0.0014
P	0.0194
Cu	0.0277
Ti	0.0073
N	0.0082
B	0.0005
Pb	0.001
Sb	0.0028
Ca	0.0050
Mg	0.0005
Zn	0.0004
Co	0.0068

Dari hasil diatas material ini termasuk baja AISI 4140 karena komposisi kimianya sama dengan table 3.1.

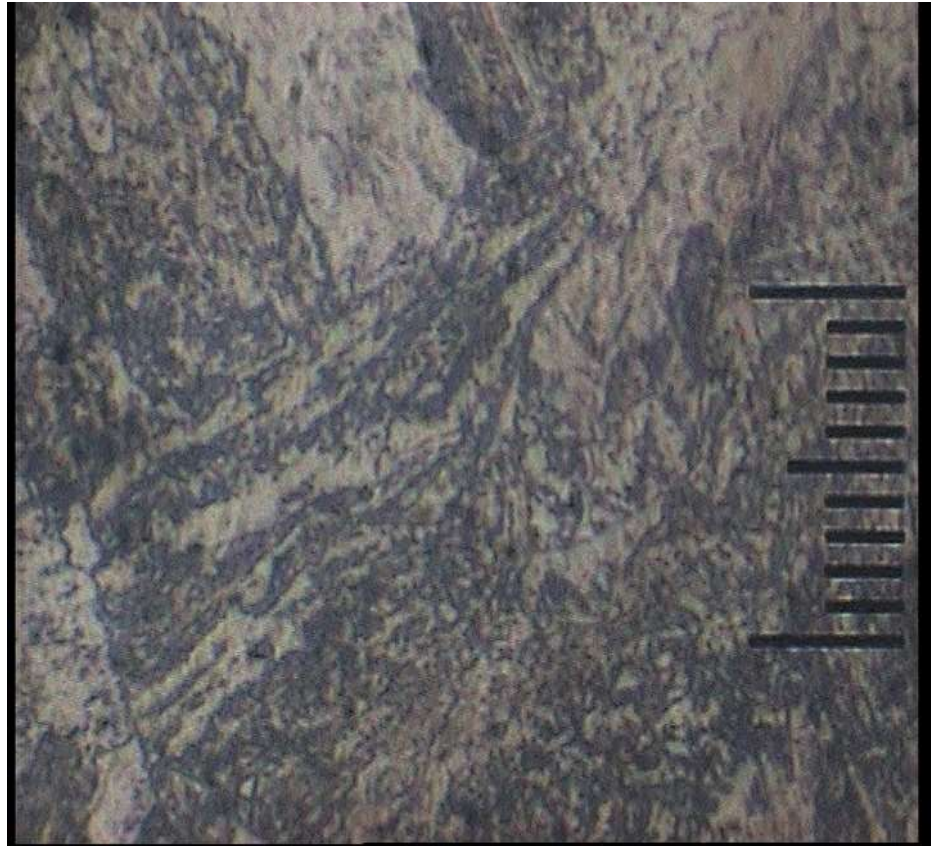
3.2 Pengujian Foto Mikro

Pengujian foto mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang dimiliki oleh baja AISI 4140 setelah proses heat treatment dengan menggunakan media pendingin yang berbeda-beda. Foto struktur mikro ini dilihat perbedaan antara struktur mikro baja AISI 4140 setelah proses heat treatment dengan baja AISI 4140 yang tidak diheat treatment. Foto mikro ini menggunakan pembesaran 200 kali, berikut merupakan hasil dari foto struktur mikro baja setelah di heat treatment dan baja yang tidak diheat treatment.



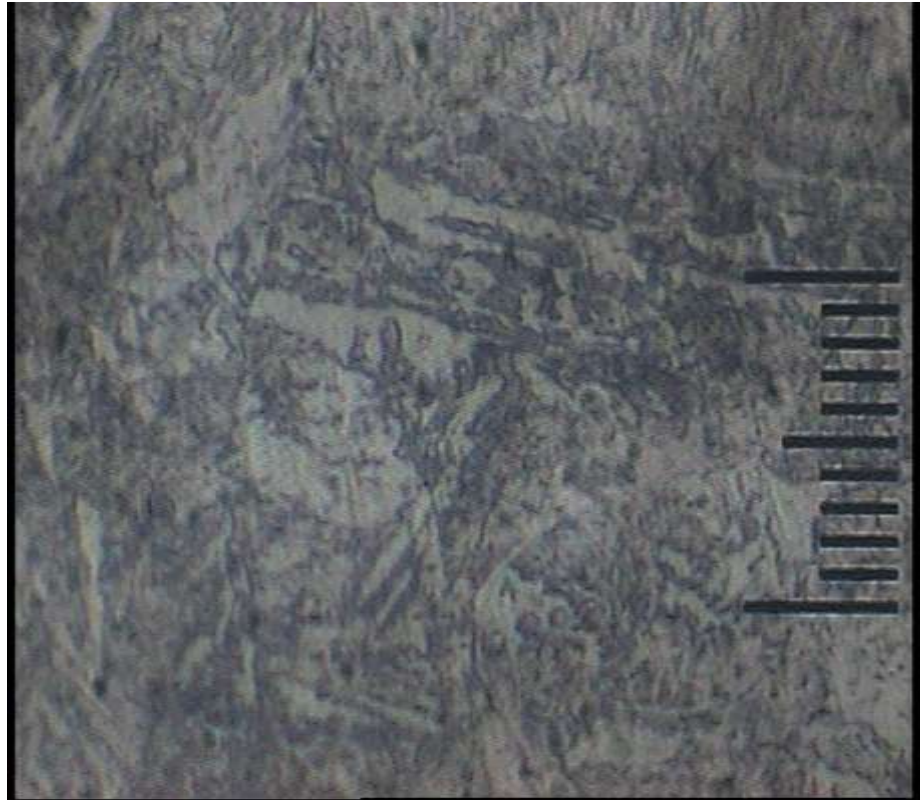
Gambar 2 Foto struktur mikro baja AISI 4140 yang tidak dilakukan proses heat treatment.

Baja AISI 4140 ini memiliki butiran yang memanjang dan merata yang terdiri dari struktur ferit yang berwarna putih dan perlit yang berwarna hitam, hal tersebut disebabkan karena komposisi baja AISI 4140 yang mengandung 0,42% karbon.



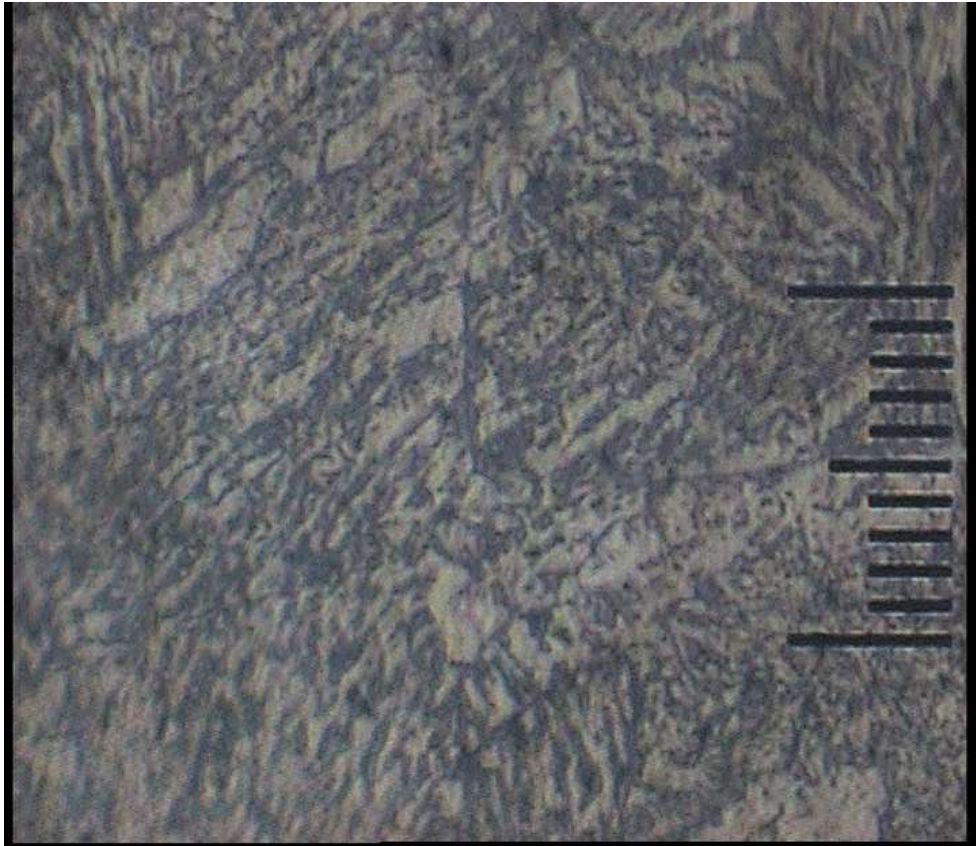
Gambar 3 Foto mikro proses heat treatment dengan pendinginan udara

Gambar 3 menunjukkan struktur mikro baja setelah diheat treatment dengan media pendingin udara, bahwa terjadi perubahan struktur mikro setelah proses heat treatment dengan media pendingin udara yang menghasilkan bentuk butir yang relatif kecil dibandingkan dengan baja AISI 4140 tanpa perlakuan. Hal ini di akibatkan karena proses pendinginan yang lama. Pendinginan yang lama di pengaruhi oleh densitas (masa jenis) yang kecil untuk udara yaitu $0,0012 \text{ gr/cm}^3$ sehingga butir material berhomogen menjadi besar.



Gambar 4 Foto mikro proses *heat treatment* media pendingin air

Gambar 4 merupakan struktur mikro baja proses heat treatment dengan pendingin air, bahwa terjadi perubahan struktur mikro setelah proses heat treatment dengan media pendingin air. Pendinginan air mengakibatkan bentuk butir paling kecil dikarenakan pendinginan air paling cepat diantara 2 media pendingin lain . Pendinginan yang cepat di pengaruhi oleh densitas (masa jenis) yang besar untuk air yaitu 1 gr/cm^3 mengakibatkan butir yang kecil karena butir belum sempat berhomogen.



Gambar 5 Foto mikro proses heat treatment dengan media pendingin oli

Gambar 5 menunjukkan bahwa baja setelah mengalami proses heat treatment dengan media pendingin oli, bahwa terjadi perubahan struktur mikro setelah proses heat treatment dengan media pendingin oli yang menghasilkan bentuk butir yang sedang, lebih besar dari pendingin air dan lebih kecil dari pendingin udara. Ini dikarenakan pendinginan oli lebih lambat dibandingkan pendingin air dikarenakan angka densitas (massa jenis) oli lebih kecil dari pada air yaitu sebesar $0,94 \text{ gr/cm}^3$ sehingga saat proses pendinginan butir lebih besar karena butir bisa berhomogen.

3.3 Pengujian konduktivitas thermal

Pengujian konduktivitas thermal dilakukan pada spesimen baja yang tidak di heat treatment dengan baja yang di heat treatment dengan variasi media pendingin. Pengujian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin perpindahan kalor masaa Universitas Gadjah Mada. Suhu Berikut yang dipakai dalam pengujian ini adalah 100°C selama 40 menit. hasil pengujian

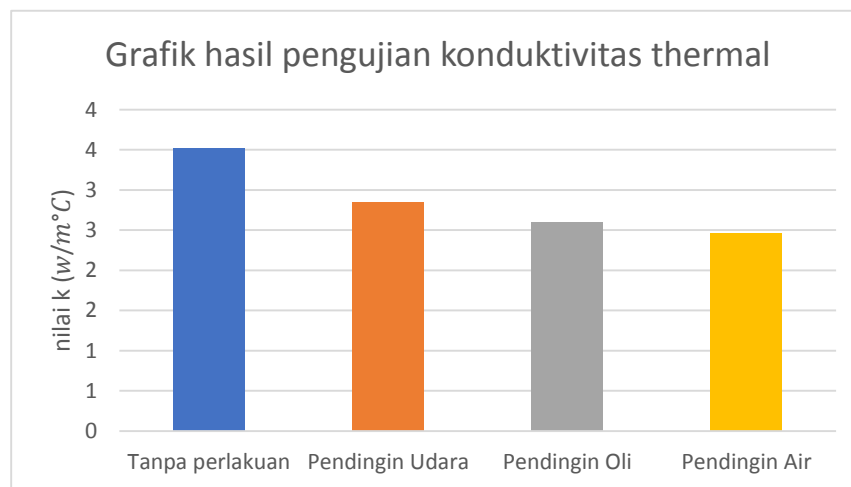
Data pengujian konduktifitas termal baja dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar grafik 6

Tabel 2 Data pengujian konduktivitas therma

NAMA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Base metal	93.9	93.1	92.9	91.6	58.2	57.3	30.8	30.2	29.1	28.3
air	94.0	93.2	92.4	91.5	58.2	57.4	30.8	30.0	29.4	28.7
oli	94.1	93.3	92.6	91.8	57.8	56.8	30.2	29.3	28.7	28.1
udara	93.7	92.4	91.2	90.0	66.1	64.9	33.0	31.9	30.9	29.9

Tabel 3 Data hasil perhitungan konduktivitas thermal

Nama	K ($w/m^{\circ}C$)
Base metal (tanpa perlakuan)	3.519 $w/m^{\circ}C$
Heat treatment media udara	2.841 $w/m^{\circ}C$
Heat treatment media pendingin Oli	2.596 $w/m^{\circ}C$
Heat treatment media air	2.4552 $w/m^{\circ}C$



Gambar 6 Grafik hasil perhitungan konduktivitas thermal baja AISI 4140

Data hasil pengujian konduktivitas thermal baja AISI 4140 bahwa perubahan struktur mikro akibat proses heat treatment dengan media pendingin yang berbeda dapat mempengaruhi nilai konduktivitas termal baja. Butiran yang besar menyebabkan jumlah batas butir yang tegak lurus lebih sedikit, seperti pada gambar 2.4. Pada batas butir terdapat daerah transisi yang tidak searah dengan pola dalam butir yang terbentuk. Sehingga bila kalor merambat

melewati batas butir akan terhambat daerah transisi. Seperti pada gambar 2.5. Ukuran butir yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh laju pendinginan Semakin besar laju pendinginan maka butiran yang terbentuk semakin besar. Laju pendinginan juga mempengaruhi bentuk dendrit. Bentuk dendrit yang merata akan meningkatkan konduktivitas kalor logam.

Pada bagian yang tidak di heat treatment memiliki konduktifitas termal yang baik karena baja ini memiliki struktur butiran yang besar seperti pada gambar 4.1. Ukuran butiran yang besar mempengaruhi perambatan kalor. karena butiran yang besar memiliki luasan yang besar dan memiliki daerah transisi yang sedikit. Daerah transisi terletak di batas butir yang dapat menghambat perambatan panas. Sehingga panas yang diberikan baja AISI 4140 yang tidak di heat treatment tersebut dapat merambat dengan baik dan baja ini. cocok sebagai bahan penghantar panas

Baja yang diheat treatment dan didinginkan menggunakan media udara mendapatkan nilai konduktifitas termal yang besar, karena memiliki butiran yang besar seperti pada gambar 4.2 Butiran yang besar dapat mempengaruhi nilai konduktivitas termal baja AISI 4140 karena pada butiran yang besar terdapat daerah transisi yang sedikit sehingga nilai konduktivitas termal yang dihasilkan besar sehingga proses ini cocok untuk penghantar panas

Pada baja AISI 4140 yang diheat treatment menggunakan media pendingin air memiliki konduktivitas termal yang lebih kecil daripada baja AISI 4140 yang menggunakan media pendingin udara. Baja AISI 4140 dengan pendingin air memiliki butiran yang lebih kecil dibandingkan dengan baja AISI 4140 dengan pendingin udara seperti pada gambar 4.2 akibat laju perpindahan kalor air lebih rendah dibandingkan dengan pendinginan udara. Ukuran butiran mempengaruhi perpindahan panas pada baja, semakin kecil butirannya semakin kecil nilai konduktivitasnya Hal ini disebabkan karena pada batas butir terdapat daerah transisi yang dapat menghambat perpindahan panas, jadi semakin kecil butirannya semakin banyak daerah transisi Sehingga baja ini kurang

cocok di gunakan untuk bahan material penghantar panas tapi lebih cocok digunakan sebagai penyekat.

Pada material baja AISI 4140 yang di heat treatment menggunakan media pendingin oli mendapatkan nilai konduktivitas lebih baik dari pendingin air. Struktur yang dimiliki baja AISI 4140 yang tidak diheat treatment memiliki butiran yang lebih besar sedangkan pada baja AISI 4140 yang diheat treatment dan didinginkan menggunakan media oli butirannya lebih kecil, seperti pada gambar 4.4 sehingga daerah transisi yang dapat menghambat perambatan panas sedikit. Maka nilai konduktivitasnya tidak lebih baik dari baja AISI 4140 yang tidak diheat treatment. Perubahan ukuran butiran terjadi karena saat proses pendinginan, butiran yang besar seperti pada gambar 4.4 akibat proses pendinginan lebih lambat dari udara sehingga butir bias berhomogen dan menghasilkan bentuk butul yang sedang ukurannya.

Angka konduktivitas thermal lebih kecil dari pada yang seharusnya untuk baja AISI 4140 $153,85 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$ ($42,7 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$) dikarenakan specimen material yang kurang rata saat proses pengamplasan karena specimen yang terlalu tipis. masih adanya panas yang keluar melalui penyekat . kurang nya peralatan seperti tidak adanya head flow meter yang dapat mengukur panas yang di terima material.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian , analisis data dan hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Dari hasil pengamatan stuktur mikro baja AISI 4140 yang di heat treatment dengan baja AISI 4140 yang tidak di heat treatment baja tanpa heat treatment memiliki butiran paling besar ,denan pendingin udara no 2.
- b. Dari hasil pengujian konduktivitas termal , menunjukan bahwa perubahan struktur mikro mempengaruhi konduktivitas termal baja AISI 4140. Baja AISI 4140 yang tidak diheat treatment memiliki butiran yang besar dan menghasilkan nilai

konduktivitas baik ., semakin kecil butiran maka konduktifitasnya kurang baik karena didalam butiran terdapat daerah transisi yang dapat menghambat panas

4.2 Saran

Dalam peneilitian selanjutnya penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini , antara lain :

- a. Perlu dilakukan pengembangan penelitian lebih lanjut dengan berbagai variasi terkait suhu pemanasan holding time dan media pendingin untuk proses heat treatment
- b. Pada pengujian konduktivitas termal perlu variasi suhu dan waktu pemanasan uji konduktifitas thermal untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal supaya dapat dijadikan referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.
- c. Pada proses pengujian perlu dilakukan variasi alat untuk pengujian konduktivitas thermal.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawati N. 1999. *Penentuan Konduktivitas Termal (k) Beberapa Jenis Logam*. Fisika FMIPA. Universitas Sriwijaya: Palembang
- Ravikumar S V., Jay MJ. 2013. Influence of Ultrafast Cooling on Microstructure and Mechanical Properties of Steel. *steel Res Int*. Cina : Steel research Internasional
- Sucipto, Priangkoso T, Darmanto. 2013. *Analisa Konduktivitas Termal Baja ST-37 Dan Kuningan*. Teknik Mesin. Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Sun Yafei, Tu Yongjun, Sun Jing, Niu Dongjie. 2009. *Effect Of Temperature and Composition on Thermal Properties of Carbon Steel*. China : Guangdong Institute of science and Technology.
- Sutowo C, Susilo BA. 2016. Pengaruh Proses Hardening Pada Baja Hq 7 Aisi 4140 Dengan Media Oli Dan Air Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Jakarta: Jakarta
- Su'udy A, Siswanto E, Soenoko R. 2018. *Analysis of Temperature Distribution and Rate of Heat Transfer on Cooling System (Simulation) Using Porous Media*. Teknik Mesin. Universitas Brawijaya: Malang

- Wuryanti S, Iriani P. 2018. *Investigasi Experimental Konduktivitas Panas pada Berbagai Logam* . vol 2,No 1. Universitas Padjadjaran: Bandung.
- Trinofrandesta ET. 2015. *Analisa Pengaruh Media Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro ST 70 (perbandingan media pendingin: air laut,air dan oli sae 40)* .teknik Mesin . UNiversitas Negri Padang: padang