

SKRIPSI

**SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP
KARAKTERIKTIK MATERIAL AISI 4340
MENGUNAKAN SOLIDWORKS**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



WANDA
03051181320074

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

SKRIPSI

SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGUNAKAN SOLIDWORKS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh:

WANDA

03051181320074

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR TERHAHAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

WANDA
03051181320074



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Indralaya, Juli 2020

Dosen Pembimbing

Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “**SIMULASI TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS**” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Juli 2020.

Indralaya, 23 Juli 2020

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Gunawan, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197705072001121001

()

Anggota :

2. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197909272003121004

()

3. Ir. Firmansyah Burlian, M.T.
NIP. 195612271988111001

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

()

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**Nama : WANDA
NIM : 03051181320074
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : SIMULASI TEMPERATUR TERHADAP
KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340
MENGUNAKAN SOLIDWORKS
Dibuat Tanggal : 11 MARET 2020
Selesai Tanggal : 25 JULI 2020**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001**

Indralaya, Juli 2020

Dosen Pembimbing



**Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001**

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wanda
NIM : 03051181320074
Judul Skripsi : Simulasi Temperatur Terhadap Karakteristik Material
AISI 4340 Menggunakan SolidWorks

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik, apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikianlah pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2020

Wanda
NIM. 03051181320074

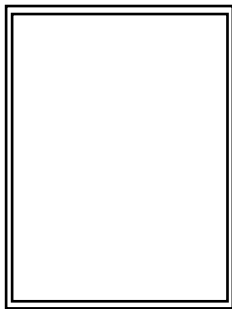
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wanda
NIM : 03051181320074
Judul Skripsi : Simulasi Temperatur Terhadap Karakteristik Material
AISI 4340 Menggunakan SolidWorks

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2020

Wanda
NIM. 03051181320074

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T. yang telah memberikan penulis rahmat, hidayat, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi **"SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS"**. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis dalam pembuatan skripsi ini hingga selesai. Adapun pihak-pihak tersebut :

1. ALLAH S.W.T karena berkat rahmat, hidayat, inayah-Nya, serta ilmu dan kesehatan yang telah diberikan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis Bapak Syafe'ei dan Ibu Almh. Aryati yang selalu membantu, mendukung, dan mendoakan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Pembimbing Skripsi dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Gunawan S.T., M.T., Ph.D selaku dosen Penguji pada saat Sidang Sarjana/ Ujian Skripsi yang telah banyak memberikan masukan dalam perbaikan skripsi hingga menjadi lebih baik dari sebelumnya.
6. Bapak Ir. Firmansyah Burlian, M.T selaku Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Yanwar, Bapak Sapril, Ibu Tini, Bapak Alfin, Bapak Guntur, Bapak Iwan yang telah banyak membantu dan mendukung penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan pegawai Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
9. Teman-teman penulis khususnya Anang (Willy Auldi), Jaber (Firdaus), Jawo (Hafid Saputra), Toge (Budi Setiawan), Biawak (Evan Setiawan) yang banyak membantu dan mendukung penulis.

Harapan penulis skripsi yang berjudul “Simulasi Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Material AISI 4340 Menggunakan *SolidWorks*” dapat berguna dan bermanfaat untuk ilmu pengetahuan serta dunia industri dan teknologi mendatang.

Wassalammualaikum W.r W.b

Indralaya, Juli 2020

Wanda
NIM. 03051181320074

RINGKASAN

SIMULASI TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 25 Juli 2020

Wanda;

Dibimbing oleh Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D

TEMPERATURE SIMULATION OF AISI 4340 MATERIAL CHARACTERISTICS USING SOLIDWORKS

xxv + 38 halaman, 5 tabel, 29 gambar, 1 lampiran

RINGKASAN

Logam merupakan salah satu bahan penting yang ada pada mesin. Meskipun saat ini banyak dimanfaatkan bahan lain untuk menggantikan logam, tapi tetap saja masih ada bagian-bagian tertentu yang tidak dapat dibuat dari bahan selain logam. Baja merupakan logam campuran dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur campuran utama, akan tetapi terdapat unsur-unsur lain yang dipadukan (S, P, Mn, Si, dan lain-lainnya) namun hanya terdapat dalam persentase yang kecil. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil, sedangkan besi mempunyai kadar yang lebih besar, yang mana terdapat kandungan karbon dalam baja sekitar 0,1 persen sampai dengan 1,7 persen. Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan, adakalanya logam tersebut tidak mempunyai karakteristik atau sifat mekanik yang memadai untuk penggunaannya maka dilakukan proses *hardening* atau proses pengerasan guna mendapatkan sifat kekerasan yang lebih tinggi dari sebelumnya biasanya setelah melakukan proses *hardening* kemudian dilakukan proses *tempering* dan proses *tempering* atau pemanasan kembali pada temperatur tertentu dan ditahan selama beberapa waktu guna mendapatkan bahan yang diperlukan. proses tersebut dilakukan bertujuan supaya material mendapatkan karakteristik yang diperlukan. Proses *tempering* juga merubah struktur susunan mikro yang terdapat pada baja. Untuk mengetahui perubahan dari struktur mikronya dari proses *hardening* dan *tempering* menggunakan aplikasi yaitu *solidworks*. Material AISI 4340 merupakan bahan material yang digunakan sebagai objek yang akan diujikan. Material AISI 4340 dikenal sebagai HSLA (*High Strength Low Alloy*). Material ini termasuk dalam golongan baja karbon sedang dengan paduan rendah Ni-Cr dan Mo, yang memiliki sifat baik dalam ketahanan impak dan sifat yang tahan abrasi. Material AISI 4340 mempunyai arti yaitu adalah standar amerika serikat yang merupakan singkatan dari *America Iron and Steel Institute*, sedangkan arti dari angka 4340 adalah dua digit pertama yaitu 43 menunjukkan baja paduan

Nickle (Ni), *Chromium* (Cr), dan *Molybdenum* (Mo), untuk dua digit selanjutnya yaitu 40 menunjukkan kandungan karbon material tersebut yaitu 0,4 persen. Material AISI 4340 merupakan baja paduan rendah yang banyak digunakan sebagai bahan teknik pada komponen-komponen seperti roda gigi, poros, dan peralatan mesin lainnya, salah satu alasan menggunakan material tersebut dikarenakan bahan ini cocok untuk ditingkatkan atau diatur karakteristiknya dengan menggunakan perlakuan panas. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian mengenai simulasi pengaruh temperatur terhadap karakteristik material AISI 4340 menggunakan *SolidWorks*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari temperatur terhadap karakteristik material AISI 4340 yang mana hasil dari penelitian ini berupa nilai tegangan, regangan dan perpindahan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* dengan pemodelan objek uji berbentuk sebuah silinder pejal yang menggunakan material AISI 4340 normal, dengan panjang silinder tersebut 300 mm dan memiliki diameter sebesar 40 mm. Pengujian dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan, yang mana setiap kali pengujian diberikan pembebanan yang tetap sebesar 1000 N akan tetapi pada suhu yang berbeda yaitu 100 °C, 150 °C dan 200 °C. Hasil yang didapatkan dari simulasi temperatur tersebut terlihat jelas perbedaannya adalah nilai pengujian tegangan, semakin tinggi suhu yang diberikan ke objek uji maka nilai tegangan juga akan semakin besar. Pada pengujian regangan dan perpindahan juga mendapatkan hasil akan tetapi nilai yang tertera dapat dikatakan kecil untuk suhu yang di uji. Pernyataan tersebut didukung dari data hasil simulasi statik pada *solidworks* yang *output* berupa tegangan, regangan, dan perpindahan. Pengujian dilakukan dengan suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C dengan pemberian beban tetap 1000 N di setiap pengujian. Nilai maksimum dari pengujian dengan temperatur 100 °C mendapatkan tegangan sebesar 14,30 Mpa, regangan sebesar $1,932 \times 10^{-4}$ mm/mm, dan perpindahan sebesar 0,3519 mm. Pengujian dengan temperatur 150 °C mendapatkan nilai maksimum tegangan 23,42 MPa, regangan maksimum sebesar $2,817 \times 10^{-4}$ mm/mm, dan perpindahan maksimum sebesar 0,3522 mm. Pengujian terakhir dengan temperatur 200 °C mendapatkan nilai maksimum tegangan sebesar 32,56 MPa, regangan maksimum sebesar $3,906 \times 10^{-4}$ mm/mm, dan perpindahan maksimum sebesar 0,3525 mm. Data yang diperoleh diatas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SolidWokrs*. Hasil data yang didapatkan tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat mekanik atau karakteristik dari material tersebut memiliki kekerasan yang tinggi, tahan akan panas, dan tidak mudah mengalami perubahan bentuk.

Kata Kunci : Simulasi Temperatur, Material AISI 4340, Perlakuan Panas

SUMMARY

TEMPERATURE SIMULATION OF AISI 4340 MATERIAL CHARACTERISTICS USING SOLIDWORKS

Scientific Writing consists of a Thesis, July 25, 2020

Wanda;

Supervised by Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D

SIMULASI TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

xxii + 38 pages, 5 tables, 29 images, 1 attachment

SUMMARY

Metal is one of the important ingredients in the machine. Although there are currently many other materials used to replace metals, there are still certain parts that cannot be made from materials other than metal. Steel is a metal alloy with iron (Fe) as the basic element and carbon (C) as the main mixture element, but there are other elements combined (S, P, Mn, Si, etc.) but only in percentage the small one. Carbon steel is steel that contains less carbon, whereas iron has greater levels, which have carbon content in steel around 0.1 percent to 1.7 percent. Steel is one of the most widely used metals, sometimes the metal does not have sufficient mechanical characteristics or properties for its use, then a hardening or hardening process is carried out in order to obtain a higher hardness than before, usually after a hardening process, then a tempering process and a tempering process or reheating at a certain temperature and held for some time to get the material needed. The process is carried out so that the material gets the required characteristics. The tempering process also changes the microstructural structure found in steel. To find out the changes in the microstructure of the hardening and tempering process using an application that is solidworks. AISI 4340 material is a material that is used as an object to be tested. AISI 4340 material is known as HSLA (High Strength Low Alloy). This material is included in the medium carbon steel group with low alloys of Ni-Cr and Mo, which have good impact resistance and abrasion resistant properties. AISI 4340 material has a meaning that is the United States standard which stands for America Iron and Steel Institute, while the meaning of the number 4340 is the first two digits of 43 which shows alloy steel Nickel (Ni), Chromium (Cr), and Molybdenum (Mo), for the next two digits of 40 shows the carbon content of the material which is 0.4 percent. AISI 4340 material is a low alloy steel that is widely used as a technical material in components such as gears, shafts, and other

machine tools, one of the reasons for using this material is because this material is suitable to be improved or regulated its characteristics by using heat treatment. Based on this, a study was conducted on simulating the effect of temperature on the material characteristics of AISI 4340 using SolidWorks. The study aims to determine the effect of temperature on the material characteristics of AISI 4340 which results from this research are stress, strain and displacement values. The study was conducted using SolidWorks software with modeling of the test object in the form of a solid cylinder using normal AISI 4340 material, with a cylinder length of 300 mm and a diameter of 40 mm. The test is carried out 3 (three) repetitions, each time the test is given a constant loading of 1000 N but at different temperatures namely 100 ° C, 150 ° C and 200 ° C. The results obtained from the temperature simulation can be seen clearly the difference is the value of the voltage test, the higher the temperature given to the test object, the greater the voltage value. In strain and displacement testing also get results but the values listed can be said to be small for the temperature tested. This statement is supported from the results of static simulation data on solidworks whose output is in the form of stress, strain, and displacement. The tests are carried out at temperatures of 100 ° C, 150 ° C and 200 ° C with a constant load of 1000 N in each test. The maximum value of testing with a temperature of 100 ° C gets a voltage of 14.30 MPa, a strain of 1.932×10^{-4} mm / mm, and a displacement of 0.3519 mm. Tests with a temperature of 150 ° C get a maximum voltage value of 23.42 MPa, a maximum strain of 2.817×10^{-4} mm / mm, and a maximum displacement of 0.3522 mm. The last test with a temperature of 200 ° C obtained a maximum stress value of 32.56 MPa, a maximum strain of 3.906×10^{-4} mm / mm, and a maximum displacement of 0.3525 mm. The data obtained above is done using SolidWokrs software. The results of the data obtained can be concluded that the mechanical properties or characteristics of the material have high hardness, withstands heat, and is not easily subject to deformation.

Keywords: Temperature Simulation, AISI 4340 Material, Heat Treatment

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai bahan penting terdapat pada komponen mesin yaitu logam, walaupun akhir ini banyak dimanfaatkan bahan lain yang bisa menggantikan logam, tetap saja terdapat bagian-bagian tertentu yang tidak bisa menggunakan bahan selain logam. Mahasiswa yang khususnya mengambil jurusan teknik mesin mesti memahami macam-macam logam dan juga mengetahui karakteristik dari logam tersebut dikarenakan hampir semua elemen yang ada pada mesin sebagai bahan dasarnya ialah menggunakan logam.

Manusia banyak memanfaatkan logam dalam berbagai kegiatan salah satunya yaitu baja. Biasanya baja yang akan di proses tidak memiliki sifat kekerasan untuk pengolahan lebih lanjut. Proses *hardening* diperlukan untuk mengubah sifat kekerasan yang ada pada baja. Proses *hardening* yang dilakukan pada suatu material akan menghasilkan kekakuan yang lebih tinggi dari pada kondisi sebelum proses. Tinggi angka kekerasan yang ada pada suatu baja menunjukkan rendahnya sifat keuletan dan hal ini menjadikan baja tersebut akan menjadi mudah patah. Angka kekerasan yang tinggi pada suatu baja tidak cukup baik untuk dipakai dalam pembuatan suatu pembuatan mesin. Berdasarkan hal tersebut selalu setelah melakukan proses pengerasan yang selanjutnya dilakukan lagi proses dengan *tempering*.

Tempering ialah tahapan dimana suatu baja yang telah dikeraskan, kembali dipanaskan pada temperatur yang di atur lalu ditahan dalam jarak suatu waktu guna mengurangi ataupun menghilangkan tegangan yang ada dan mengembalikan sebagian kemampuan tidak mudah putus dan kekuatan dari baja. Sebagian keuletan dan ketangguhannya akan kembali didapatkan dengan mempertaruhkan beberapa kekuatan dan kekakuan yang didapatkan melalui tahapan pengerasan.

Keuletan dari baja dipengaruhi oleh temperatur temper yang terjadi pada tahapan *tempering*. Oleh karena itu, sangat penting memahami seberapa tinggi suhu pada tahapan pemanasan kembali perlu diaplikasikan agar memperoleh baja yang memiliki keunikan dari karakter mekanik tertentu. Tahapan pemanasan kembali mempengaruhi pola mikro dari baja. Sifat mekanis pada baja ikut berubah seiring dengan berubahnya struktur mikro.

Untuk mengetahui sifat mekanis dari baja yang struktur mikronya telah berubah akibat dari proses temperatur temper disini menggunakan aplikasi yaitu *solidworks*. Dengan aplikasi tersebut dilakukan proses simulasi dengan mengatur suhu dari objek uji yaitu silinder pejal menggunakan material AISI 4340. Tujuan dari simulasi tersebut adalah agar mengetahui tingkah laku atau sifat mekanis dari objek tersebut.

AISI 4340 yang dikenal juga *High Strength Low Alloy*, yang mana material tersebut termasuk dalam jenis baja karbon medium dengan campuran rendah Nikle-Crhom dan Molybdenum. Paduan pada tiap-tiap unsur memberikan akibat yang kuat pada karakteristik bahan baja. Material AISI 4340 adalah baja paduan rendah yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan teknik pada bagian-bagian seperti poros, roda gigi, dan peralatan mesin yang lain. Salah satu alasan menggunakan material AISI 4340 sebagai objek uji adalah dikarenakan ini merupakan bahan tepat untuk dilakukan peningkatan atau karakteristiknya bisa di ubah dengan perlakuan panas(Anggono, 2006).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana karakteristik atau sifat mekanik dari material AISI 4340 dengan cara pengendalian temperatur dan pemberian beban. Penelitian yang dilakukan diharapkan bisa memberikan informasi yang bermanfaat, baik untuk penulis maupun untuk pembaca yang menjelaskan tentang pengaruh pengendalian temperatur pada suatu material pada dunia industri. Penulis memutuskan untuk melakukan penelitian dengan judul **“SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN SOLIDWORKS”**.

1.2 Rumusan Masalah

Pemilihan bahan untuk beberapa komponen otomotif biasanya memerlukan bahan yang keras tetapi memiliki keuletan yang baik. Material AISI 4340 ini merupakan bahan baku produksi yang banyak digunakan karena mudah untuk di atur atau ditingkatkan sifat-sifat mekaniknya. Pada umumnya masalah yang sering timbul dilapangan adalah kerusakan pada bidang datar komponen yaitu berkarat, kecacatan, dan keausan yang disebabkan oleh tegangan-tegangan atau gesekan akibat gaya dari luar. Karakteristik kekerasan bidang datar bagian ini dirubah, maka waktu penggunaan komponen tersebut lebih awet.

Fokus utama pada penelitian yang menjadi rumusan masalah ialah melakukan simulasi pengendalian temperatur terhadap material AISI 4340. Untuk mengetahui sifat mekanik tersebut maka dilakukan simulasi dengan pengujian tegangan, pangujian regangan, dan pengujian *bending* yang menggunakan *software SolidWorks*.

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan pengujian berupa AISI 4340.
2. Melakukan simulasi temperatur terhadap karakteristik atau sifat mekanik material AISI 4340.
3. Simulasi yang dilakukan mencakup pengujian regangan, pengujian tegangan, pengujian perpindahan.
4. Permodelan konstruksi dan simulasi dilakukan dengan bantuan *software SolidWorks*.
5. Penelitian ini hanya di lakukan dengan bantuan simulasi *software*, tidak dilakukan penelitian eksperimental.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Melakukan simulasi temperatur terhadap karakteristik atau sifat mekanik material AISI 4340.
2. Analisis hasil dari simulasi temperatur terhadap karakteristik atau sifat mekanik material AISI 4340.
3. Analisis hasil simulasi yang meliputi pengujian tegangan, pengujian regangan, dan pengujian perpindahan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari simulasi temperatur terhadap karakteristik material AISI 4340 ini yaitu :

1. Sumbangsih pikiran serta pedoman evaluasi yang terdapat lingkungan industri perihal pengendalian temperatur terhadap tingkah laku material AISI 4340.
2. Harapan dari penelitian yang dilakukan dapat memberikan dedikasi dalam aspek pengendalian temperatur tentang meterial AISI 4340.
3. Serta dapat untuk dijadikan sebagai referensi untuk mendapatkan bahan material AISI 4340 yang diperlukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Alza, V. A. (2020) 'Isothermal Treatment at Low Temperatures Applied to AISI 4340 Steel: Effects on Hardness, Toughness and Microstructure', *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 9(1), pp. 2241–2250. doi: 10.35940/ijrte.a2722.059120.
- Amanto, Hari dan Daryanto. 2003. Ilmu Bahan. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Amanto, Hari. 1999. Ilmu Bahan. Penerbit Bumi Angkasa. Jakarta.
- Anggono, W. (2006) 'Analisa Pengaruh Manipulasi Proses Tempering Terhadap Peningkatan Sifat Mekanis Poros Pompa Air AISI 1045', (Snitm).
- Anggoro, S. (2017) 'Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering terhadap Laju Korosi pada Baja AISI 420', *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 1(2), pp. 19–29. doi: 10.30588/jeemm.v1i2.257.
- Bandanadjaja, B., Ruskandi, C. and Pramudia, I. (2017) 'Perlakuan Panas Material AISI 4340 Untuk Menghasilkan Dual Phase Steel Ferrit-Bainit', (August 2016).
- Beumer. 1980. Pengetahuan Bahan. Penerbit Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- George, Love. 1986. *Teori dan praktek Kerja Logam*. Edisi 3. Jakarta : Erlangga.
- Hendrawan, M. A. *et al.* (2018) 'Perancanganchassis Mobil Listrik Prototype “ Ababil ” dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016', pp. 96–105.
- Herbirowo, S., Adjiantoro, B. and Citrawati, F. (2018) 'Karakteristik Sifat Mekanik dan Strukturmikro Baja Laterit Paduan Ni-Cr-Mn Hasil Tempa Panas Dengan Variasi Beban Tempa', pp. 35–42.
- Kadir, A., Aksa, P. and Fadri, B. (2017) 'Studi Sifat Mekanis Material Komposit Limbah Kertas Berpenguat Semen Yang Dilapisi Cat', 8(2).
- Kirono, S., Diniardi, E. and Ardian, S. (2003) 'Analisa Pengaruh Temperatur Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja AISI 4340', pp. 11–21.
- Lawrence, H. Van Vlack. 1991. Ilmu Logam dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam). Edisi 5. Jakarta : Erlangga.

- Lubis, S., Djamil, S. and Dion, I. (2014) ‘Analisa Kualitas Permukaan Baja Aisi 4340 Terhadap Variasi Arus Pada Electrical Discharge Machining (EDM)’, pp. 1–12.
- Mujuyono and Leman, A. (2008) ‘Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa’, *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), pp. 8–14. doi: 10.9744/jtm.10.1.pp.8-14.
- Permana, B. A. (2013) *Karakterisasi Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah untuk Cane Cutter Blade pada PT Gunung Madu Plantation*. Prakoso, V. D. (2017) ‘Pengenalan Dasar SolidWorks’.
- Suratman, Rochim. 1994. Panduan Proses Perlakuan Panas. Penerbit Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Robbina, M. A. (2012) *Mikro Akibat Variasi Katalis Pada Proses Carburizing Baja S45C*.
- Rusjdi, H., Pramono, A. W. and Faathir, W. B. (2016) ‘Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja AISI 4340’, 4, pp. 60–117.
- Salindeho, R. D., Soukota, J. and Poeng, R. (2018) ‘Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material’, *Jurnal J-Ensitem*, 3(1), pp. 1–11.
- Suherlan, C. (2014) ‘Pengaruh Perlakuan Panas Double Tempering Terhadap Sifat Mekanik Material AISI 4340’, pp. 1–6.
- Wahyudi, A. (2016) *Perbandingan Nilai Kekerasan Baja AISI 4340 Terhadap Variasi Katalis Pada Proses Carburizing*.