

**ANALISA PENGARUH *QUENCH-TEMPERING* DAN WAKTU
TAHAN TERHADAP KOROSI, KEKERASAN, DAN
STRUKTUR MIKRO PADA *STAINLESS*
*STEEL 304 THIN FOIL***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Wiranto Yogi Febrian
3334200007

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

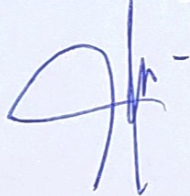
**ANALISA PENGARUH *QUENCH-TEMPERING* DAN WAKTU
TAHAN TERHADAP KOROSI, KEKERASAN, DAN
STRUKTUR MIKRO PADA *STAINLESS
STEEL 304 THIN FOIL***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

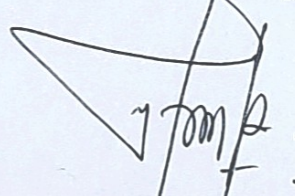
Pembimbing I



Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 198003072005011002

Pembimbing II



Yeni Murlani Zulaida, S.T., M.T.

NIP. 197401032005012001

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH *QUENCH-TEMPERING* DAN WAKTU
TAHAN TERHADAP KOROSI, KEKERASAN, DAN
STRUKTUR MIKRO PADA *STAINLESS
STEEL 304 THIN FOIL***

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Wiranto Yogi Febrian

3334200007

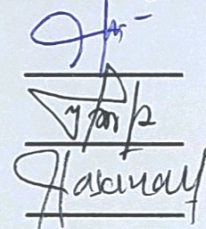
Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

22 Mei 2025

Susunan Dewan Penguji

Penguji I : Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.
Penguji II : Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T.
Penguji III : Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 198003072005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Analisa Pengaruh *Quench-Tempering* dan Waktu Tahan Terhadap Korosi, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada *Stainless Steel 304 Thin Foil*

Nama Mahasiswa : Wiranto Yogi Febrian

NIM : 3334200007

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 22 Mei 2025



Wiranto Yogi Febrian

NIM. 3334200007

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, bertujuan untuk menganalisa pengaruh *quench-tempering* dan waktu tahan *stainless steel 304 thin foil* untuk aplikasi *diaphragm pressure gauge* sensor tekanan oli mesin dengan variasi temperatur *tempering* dan waktu tahan. *Quenching-tempering* adalah proses perlakuan panas logam dengan cara dipanaskan hingga temperatur austenisasi, lalu didinginkan secara cepat dalam media pendingin seperti air, minyak, atau air garam, kemudian material dipanaskan kembali dibawah temperatur rekristalisasi dan ditahan selama beberapa waktu lalu didinginkan secara perlahan menggunakan media udara. Proses austenisasi pada spesimen dilakukan pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 1 jam, kemudian di-*quench* menggunakan air biasa. Selanjutnya di-*tempering* dengan variasi temperatur yaitu, 250°C, 400°C, 550°C, serta waktu tahan 60, 90, dan 120 menit. Analisa yang dilakukan meliputi kekerasan, ketahanan korosi, mikrostruktur, dan sebaran fasanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dan waktu tahan *tempering*, menghasilkan penurunan nilai kekerasan dan penurunan ketahanan korosi pada *stainless steel 304 thin foil*. Kekerasan terendah dan laju korosi tertinggi terdapat pada tempertur *tempering* 550°C dengan waktu tahan 120 menit. Selain itu kenaikan temperatur dan waktu tahan *tempering* juga semakin menghilangkan fasa martensit dan memperbanyak pertumbuhan presipitat krom karbida sehingga mempengaruhi kekerasan dan ketahanan korosi material *stainless steel 304 thin foil*. Fasa martensit tertinggi terdapat pada temperatur 250°C dengan waktu tahan 60 menit dengan 55% martensit dan 45% austenit. Semakin naik temperatur dan waktu tahan, semakin menurunkan fasa martensit sedangkan fasa austenit menjadi lebih dominan.

Kata Kunci: *Stainless Steel 304 Thin Foil, Heat Treatment, Quenching-Tempering, Karbida Krom, Struktur Mikro.*

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of quench-tempering and holding time on 304 stainless steel thin foil for use in engine oil pressure diaphragm gauge sensor applications, with variations in tempering temperature and holding time. Quenching-tempering is a heat treatment process in which the metal is heated to the austenitizing temperature, then rapidly cooled using a quenching medium such as water, oil, or brine, followed by reheating the material below the recrystallization temperature and holding it for a certain period before being slowly air cooled. The austenitizing process in this study was conducted at a temperature of 900°C with a holding time of 1 hour, followed by quenching in regular water. The tempering was then carried out at varying temperatures of 250°C, 400°C, and 550°C, with holding times of 60, 90, and 120 minutes. The analyses performed include hardness testing, corrosion resistance, microstructure, and phase distribution. The results show that increasing the tempering temperature and holding time leads to a decrease in hardness and corrosion resistance of the 304 stainless steel thin foil. The lowest hardness and highest corrosion rate were observed at a tempering temperature of 550°C with a holding time of 120 minutes. Additionally, higher tempering temperatures and longer holding times further eliminate the martensite phase and promote the growth of chromium carbide precipitates, which affect the material's hardness and corrosion resistance. The highest martensite phase content was found at 250°C with a 60 minute holding time, consisting of 55% martensite and 45% austenite. As the tempering temperature and holding time increase, the martensite phase decreases while the austenite phase becomes more dominant.

Keywords: 304 Stainless Steel Thin Foil, Heat Treatment, Quenching-Tempering, Chromium Carbide, Microstructure.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puji hanya milik-Nya, shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Penelitian ini adalah hasil dari perjuangan, kerja keras, dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul ” Analisa Pengaruh *Quench-Tempering* dan Waktu Tahan Terhadap Korosi, Ketahanan Aus, dan Struktur Mikro pada *Stainless Steel 304 Thin Foil*”. Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Studi S1 Jurusan Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mengarahkan dan membimbing dalam pengerjaan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sekaligus pembimbing I dalam penelitian ini.
2. Ibu Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Orang tua, saudara dan teman-teman Teknik Metalurgi atas dukungan yang diberikan.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberi sumbangsih pemikiran yang bermanfaat untuk pembaca. Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilegon, 22 Mei 2025

Wiranto Yogi Febrian

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	7
1.3 Rumusan Masalah	8
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	8
1.5 Sistematika Penulisan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Stainless Steel</i>	10
2.2 <i>Austenitic Stainless Steel</i>	11
2.3 <i>Stainless Steel 304</i>	13

2.4	<i>Diaphragm Pressure Gauge</i>	14
2.5	<i>Heat Treatment</i>	17
2.6	<i>Solution Treatment</i>	20
2.6.1.	Pengaruh Variasi Temperatur <i>Tempering</i>	22
2.6.2.	Pengaruh Variasi Waktu Tahan <i>Tempering</i>	24
2.7	<i>Diagram Continuous Cooling Transformation</i>	24
2.8	Analisa Kekerasan.....	25
2.8.1.	Metode <i>Vickers</i>	26
2.9	Analisa Korosi (<i>Immersion Corrosion Testing</i>).....	28
2.10	Analisa Metalografi.....	30
2.11	Perhitungan Persen Fraksi Fasa	31

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir	32
3.2	Alat dan Bahan.....	33
3.2.1.	Alat-alat yang digunakan	33
3.2.2.	Bahan-bahan yang digunakan	33
3.3	Prosedur Penelitian.....	34
3.3.1.	Preparasi Sampel.....	34
3.3.2.	Proses Perlakuan Panas <i>Quenching Tempering</i>	34
3.3.3.	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	36
3.3.4.	Pengujian Korosi	37
3.3.5.	Pengamatan Metalografi	38
3.3.6.	Penamaan Sampel	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pengujian	41
4.1.1.	Pengujian Kekerasan	41
4.1.2.	Hasil Uji Korosi	42
4.1.3.	Hasil Pengamatan Metalografi	42
4.2	Analisa Kekerasan Material	47
4.2.1.	Kekerasan Spesimen Tempering 250°C	48
4.2.2.	Kekerasan Spesimen Tempering 400°C	49
4.2.3.	Kekerasan Spesimen Tempering 550°C	49
4.3	Analisa Laju Korosi	50
4.3.1.	Pengaruh Temperatur terhadap Laju Korosi	53
4.3.2.	Pengaruh Waktu Tahan terhadap Laju Korosi	57
4.4	Hasil Pengamatan Metalografi	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75

DAFTAR PUSTAKA	76
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN A. CONTOH PERHITUNGAN	82
---	-----------

LAMPIRAN B. DATA PENELITIAN	87
--	-----------

LAMPIRAN C. GAMBAR ALAT DAN BAHAN	90
--	-----------

BAB I

PENDAHULUAN

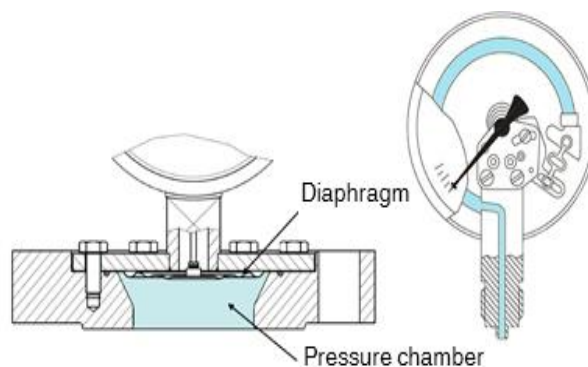
1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri makanan, kesehatan dan elektronik sekarang ini mengakibatkan kebutuhan material semakin meningkat. Oleh karena itu dunia perindustrian saat ini mulai melirik pada penggunaan bahan *stainless steel* sebagai bahan baku utama dalam produksinya, karena paduan termasuk logam yang berpenampilan menarik (*attractive*), tahan korosi (*corrosion resistance*), berkekuatan tinggi (*high strength*) dan rendah biaya perawatan (*low maintenance*) [33]. Selain itu permintaan tinggi *stainless steel* 304 dalam bentuk plat ultra tipis (*Thin Foil*) mulai banyak diminati untuk penggunaan industri biomedis, elektronik, kimia, tenaga listrik, makanan, dan nuklir [1]. Baja tahan karat austenitik umumnya digunakan untuk komponen manufaktur dengan sifat mekanik tinggi, tahan terhadap korosi, dan beroperasi baik pada temperatur tinggi maupun rendah. Karena baja ini memiliki kelebihan tersebut, salah satu aplikasi baja tahan karat austenitik yaitu banyak digunakan dalam industri perangkat sensor elektronik tekanan oli kendaraan. Dalam sensor tekanan oli kendaraan terdapat komponen penting berbentuk membran fleksibel (*diaphragm*) tipis yang disebut *diaphragm pressure gauge*. *Diaphragm pressure gauge* adalah alat pengukur tekanan yang menggunakan membran fleksibel sebagai elemen pengindera tekanan. Material *diaphragm* menggunakan *stainless steel* 304 *thin foil* harus memiliki ketahanan korosi, temperatur, kekuatan, dan kekerasan yang

mumpuni untuk beroperasi pada kondisi lingkungan yang abrasif, tekanan cukup tinggi, dan temperatur yang tinggi dalam waktu lama. Sehingga diperlukan material yang mampu bekerja secara optimal dibawah kondisi lingkungan yang berat tersebut. Tetapi dalam perkembangannya material *thin foil* masih memiliki masalah pada sifat mekanik yang dihasilkan seperti kekerasan yang meningkat akibat efek pengerasan regangan, di mana material menjadi lebih keras dan lebih kuat saat mengalami deformasi pada proses pembuatan *thin foil* dengan *cold rolling* dan terbentuk fasa martensit yang disertai *strain-induced* (41) sehingga perlu dilakukan perbaikan pada sifat mekanik tersebut agar pengaplikasian *stainless steel 304 thin foil* untuk sensor tekanan oli menjadi lebih baik.

Stainless steel 304 thin foil merupakan baja ultra tipis dengan ketebalan 0,1 – 0,01 mm dibentuk dengan proses *cold working* sehingga menaikkan kekerasan mencapai 400 HVN. Memiliki kekuatan tarik 646 Mpa dan modulus elastisitas 193 Gpa. Material ini memiliki ketahanan terhadap korosi karena terdapat unsur paduan 18% krom dan 8% nikel. *Stainless steel* memiliki ketahanan korosi yang baik disebabkan oleh fenomena pasivasi dimana unsur kromium yang bereaksi dengan oksigen yang ada dilingkungan membentuk suatu lapisan yang sangat tipis dan stabil oksida kromium (Cr_2O_3). Lapisan ini terbentuk sangat cepat dan menutupi seluruh permukaan *stainless steel* sehingga melindungi material dari korosi. *Stainless steel 304 thin foil* cocok untuk diaplikasikan komponen *diaphragm* sensor tekanan oli kendaraan karena memiliki *formability* yang baik, konduktivitas termal yang baik dan tahan terhadap korosi. *Pressure gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam suatu sistem,

baik sistem cairan maupun gas. Prinsip kerja alat *pressure gauge* menggunakan sensor piezoelektrik yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan sinyal listrik ketika mengalami deformasi akibat tekanan. Sensor ini terbuat dari material tipis yang tahan terhadap tekanan, keausan, dan korosi. Material tipis sebagai elemen pengindra tekanan *pressure gauge* disebut *diaphragm*, berikut komponen *diaphragm* yang terdapat didalam *pressure gauge*.



Gambar 1.1 *Diaphragm Pressure Gauge* [49]

Diaphragm Pressure Gauge memiliki spesifikasi mekanik dan kimia dalam aplikasinya sebagai sensor tekanan oli kendaraan. Sifat mekanik yang harus dimiliki yaitu kuat tarik material 500-700 MPa, kekerasan 175 – 300 HV, modulus elastisitas 190 – 200 MPa, ketebalan diaphragm 0,1 mm – 0,5 mm, dan mampu menahan tekanan 2 sampai 10 bar. Sedangkan sifat kimia yang harus dipenuhi yaitu, tahan terhadap korosi dengan nilai laju korosi $< 0,01$ mm/year, tidak bereaksi terhadap fluida, dan tahan temperatur lingkungan hingga 150°C . Sehingga dari spesifikasi tersebut *stainless steel 304 thin foil* lazim digunakan pada *diaphragm pressure gauge* sensor tekanan oli karena memenuhi kriteria standar material yang telah ditetapkan.

Meskipun *Stainless Steel 304 thin foil* sudah memiliki sifat kimia dan mekanik yang mumpuni untuk sensor tekanan oli kendaraan, baja tahan karat ini masih sering mengalami kerusakan pada *diaphragm* karena keausan, paparan kontaminasi oli, atau kegagalan mekanis. Jika *diaphragm* mulai mengalami keausan, sensor dapat kehilangan akurasi dalam mendeteksi tekanan menyebabkan pembacaan yang salah atau peringatan tekanan oli rendah pada indikator, meskipun sistem oli masih berfungsi normal. Penyebab keausan pada *diaphragm pressure gauge* yaitu sering terkena siklus gesekan oli yang berulang-ulang, terutama saat mesin kendaraan dihidupkan, berjalan, atau dimatikan. Fluktuasi ini dapat merusak permukaan *diaphragm* yang pada akhirnya memicu keretakan mikro atau deformasi sehingga mengurangi sensitifitas sensor terhadap pembacaan tekanan oli mesin kendaraan. Selain itu kontaminasi oli oleh partikel kecil seperti logam atau kotoran dapat menyebabkan abrasi dan memperbesar gesekan pada permukaan *diaphragm* kemudian eksposur jangka panjang terhadap oli tertentu atau bahan kimia aditif dalam oli bisa menyebabkan korosi atau keausan. Oleh karena itu *stainless steel 304 thin foil* sebagai *diaphragm* sensor tekanan oli kendaraan perlu ditingkatkan dengan perlakuan panas di bawah urutan pemanasan dan pendinginan yang terkendali, dengan memperbaiki sifat kimia dan mekanik untuk memenuhi aplikasi yang diinginkan dan memperpanjang umur pakai. Material *Stainless Steel 304 thin foil* perlu direkayasa untuk menyesuaikan lingkungan kerja sistem oli kendaraan, agar tidak terjadi kegagalan dan kerusakan pada komponen karena tingginya temperatur dan beban kerja secara terus-menerus.

Upaya untuk memperbaiki ketahanan aus, korosi, dan abrasivitas *stainless steel 304 thin foil* aplikasi *diaphragm* sensor tekanan oli kendaraan dilakukan dengan perlakuan panas *quenching-tempering*. Perlakuan panas *quenching* dan *tempering* pada *stainless steel 304 thin foil* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro materialnya. Proses *quenching* meningkatkan kekerasan *stainless steel 304* akibat transformasi austenit berubah menjadi martensit parsial, kemudian setelah *tempering* kekerasan akan sedikit berkurang, tetapi ductiliti meningkat, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi tahan tekanan, abrasi dan duktilitas. Perlakuan *quenching* dan *tempering* dapat meningkatkan ketahanan terhadap beban siklik, yang penting untuk aplikasi *diaphragm pressure gauge* yang sering mengalami tekanan berulang. Proses *quenching* dapat meningkatkan tegangan internal yang memicu korosi retak tegangan (*stress corrosion cracking*) dengan proses *tempering* tegangan residual dapat dikurangi sehingga meningkatkan stabilitas lapisan pasivasi dan mengembalikan ketahanan korosi material. Oleh karena itu, penelitian ini melihat pengaruh proses perlakuan panas dengan metode *Quenching-Tempering* terhadap sifat mekanik dan kimia *stainless steel 304 thin foil* berfokus pada perubahan ketahanan korosi, kekerasan dan struktur mikro yang dihasilkan sebagai komponen *diaphragm pressure gauge* aplikasi sensor tekanan oli kendaraan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah terjadinya penurunan sifat mekanik dan degradasi material oleh lingkungan kerja sensor tekanan oli

kendaraan pada pengaplikasian *stainless steel 304 thin foil* sehingga menyebabkan terjadinya penurunan sifat mekanik dan korosi terhadap material. Berdasarkan hal tersebut, maka fokus permasalahan penelitian ini adalah bagaimana menaikkan sifat mekanik dan kimia *stainless steel 304 thin foil* dengan cara perlakuan panas *quenching-tempering* sehingga keausan dan korosi material *diaphragm* sensor tekanan oli dapat dikurangi dan memperpanjang umur pakai sensor. Berikut adalah rumusan masalahnya:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan pada perlakuan panas *quenching-tempering* terhadap kekerasan material *stainless steel 304 thin foil*?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan perlakuan panas *quenching-tempering* terhadap ketahanan korosi pada *stainless steel 304 thin foil*?
3. Bagaimana temperatur tempering pada waktu tertentu mempengaruhi struktur mikro material *stainless steel 304 thin foil*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah penulis susun, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan perlakuan panas *quenching-tempering* terhadap nilai kekerasan dan ketahanan korosi pada baja *stainless steel 304 thin foil*
2. Mengetahui pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan perlakuan panas *quenching-tempering* terhadap ketahanan korosi pada baja *stainless steel 304 thin foil*

3. Mengetahui struktur mikro yang terbentuk dengan variasi temperatur dan waktu tahan pada perlakuan panas *quenching-tempering*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dalam judul “Analisa Pengaruh *Heat Treatment Quenching* dan *Tempering* terhadap Korosi, Ketahanan Aus dan Struktur Mikro pada Material *Stainless Steel 304 Thin Foil*” dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Bahan Baku : Penelitian ini menggunakan material baja *austenitic Stainless Steel 304* dengan bentuk lembar tipis atau berupa *Thin Foil*
- b. Variabel : Penelitian ini menggunakan 2 variabel tetap, 2 variabel bebas dan 3 variabel terikat yaitu:

Variabel Tetap

1. Material *stainless steel 304 thin foil*
2. Ukuran *grain size stainless steel 304 thin foil* adalah 0,5 μm
3. Austenisasi temperatur 900°C waktu tahan 60 menit

Variabel Bebas

1. Temperatur *Tempering*: variabel bebas pertama adalah temperatur *tempering*. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur *tempering* 250°C, 400°C, dan 550°C untuk melihat bagaimana variasi temperatur *tempering* mempengaruhi sifat mekanik, ketahanan korosi dan struktur mikro *stainless steel 304*
2. *Holding Time tempering*: Variabel bebas kedua adalah *holding time* yang digunakan pada perlakuan *tempering* yaitu 60 menit, 90 menit,

dan 120 menit pada masing-masing temperatur. Penelitian ini memvariasikan *holding time* untuk melihat bagaimana variasi *holding time tempering* mempengaruhi sifat mekanik, ketahanan korosi dan struktur mikro *stainless steel* 304.

Variabel Terikat

1. Sifat Mekanis: Variabel pertama adalah nilai kekerasan *Stainless Steel* 304 yang akan diukur melalui pengujian kekerasan.
2. Sifat Kimia: Variabel terikat kedua adalah sifat kimia berupa nilai laju korosi *stainless steel* 304 yang dianalisis melalui pengujian korosi.
3. Struktur Mikro: Variabel terikat ketiga yaitu bentuk struktur mikro *stainless steel* 304 yang dihasilkan setelah dilakukan perlakuan panas. Kemudian dianalisis dengan pengujian metalografi

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini diawali dengan Bab I yaitu pendahuluan yang berisikan adanya latar belakang dilakukannya penelitian, adanya rumusan masalah penelitian, adanya tujuan penelitian, adanya ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan. Lalu dilanjutkan dengan Bab II yaitu tinjauan pustaka yang membahas tentang tinjauan mengenai teori-teori pendukung. Selanjutnya adalah Bab III yaitu metode penelitian yang berisikan bagaimana prosedur penelitian tersebut akan dilakukan dengan alat dan bahan yang sudah direncanakan. Kemudian adanya Bab IV yang berisikan hasil dan pembahasan penelitian. Selanjutnya, Bab V yang berisikan kesimpulan dan saran. Lalu diakhiri dengan

adanya daftar pustaka yang berisikan kutipan jurnal atau buku yang digunakan selama menyusun skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A Aziz & M Yang. *Effect of Martensitic Transformation and Grain Size on the Surface Roughening Behavior in SUS 304 and SUS 316 Thin Foil*. Article Advance Materials Engineering Laboratory, Tokyo Metropolitan University. 67–182; Oct 2020, doi:10.3390/eng1020011.
- [2] W.O Alexander, E.J Bradbury. Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. 1991.
- [3] A Aminnudin, H Suryanto, Suprayito. *The Influence of Holding Time to Mechanical Properties of Steel Processed with Powder Metallurgy*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1908(1):012032. Jun 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1908/1/012032.
- [4] R.R Aminuddin, A.W.B Santosa, H Yudo. Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 Sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (*Propeller Shaft*) setelah Proses *Tempering*. Jurnal Teknik Perkapalan Vol. 8 No.3, Jul 2020.
- [5] Arai, *Heat Treating*. *ASM Metal Handbook Vol. 4*. USA: ASM International, 1998.
- [6] ASM Handbook. *Metallography And Microstructure*. Vol 9 ASM International, 2004.
- [7] Avner, H Sidney. *Introduction to physical metalurgi, 2nd Edition*, Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd, Singapore, 1974.
- [8] A Budianto, K Purwantini, T. Sujitno. Pengamatan Struktur Mikro Korosi Antar Butir Dari Mineral Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan. Jurnal Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. Jurnal forum nuklir 3 (2): 107. BATAN, Yogyakarta. Nov 2009, DOI: 10.17146/jfn.2009.3.2.3297.

- [9] Callister, D William. *Material Science and Engineering An Introduction*. New York: John Wiley and Sons, Inc, 2007.
- [10] M.R Cahya, Wawan, A Abdullah. Analisis Terjadinya Korosi Batas Butir Akibat Proses Pengelasan GTAW pada Material Austenitic Stainless steel AISI A304. *Jurnal Teknologika* Vol 9 No 1. Mei 2019, doi.org/10.51132/teknologika.v9i1.7.
- [11] N.R Dani, Mulyadi, Sunardi. "Analisis Kuat Impak, Kekerasan dan Struktur Mikro Stainless Steel 304 Setelah Melalui Proses Hardening 900°C dan Tempering 200°C, 300°C, dan 400°C." *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 1, No. 1 ISSN 2747-1947. Des 2020.
- [12] H.E Davis, G.E Troxell, C.T Wiskocil. "*The Testing and Inspection of Engineering Materials*." McGraw-hill Book Company, New York, USA, 1995.
- [13] S Dewangan, S Chattopadhyaya. "*Analysyng Effect of Quenching and Tempering into Mechanical Properties and Microstructure of 304-SS Welded Plates*." *Journal Department of Mechanical Engineering*, Manipal University Jaipur, Jaipur, Rajasthan, India, Pin-303007. Sep 2022, DOI: 10.36547/ams.28.3.1556.
- [14] Dieter, E George. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga ,1987.
- [15] D Ekasurya, Sumarji, H Stjahjono. "Pengaruh *Heat Treatment Tempering* dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Mekanik Baja AAR M201 Grade B+." *Jurnal Teknik Mesi Universitas Jember*, 2014.
- [16] M Farkhan, Sutrisna, A.B Prasetyo. "Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper." *Jurnal Program Studi Teknik Mesin ITNY*. Vol. 03. pp. 41-50 e-ISSN: 2622-2736. Mar 2022.
- [17] E Gunawan. "Pengaruh Temperatur pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensitik AISI 431 terhadap Laju Korosi dan struktur Mikro." *Engineering and sains journal* Vol.1 NO.1, ISSN 2579-5422, Jun 2017. DOI: 10.5281/zenodo.1116030.

- [18] Handoyo, Yopi. "Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Crankshaft." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik Unisma Bekasi* Vol.3 No.2 ISSN 2303-0909, Aug 2015.

- [19] E Bushueva, Y Turlo, G Khamgushkeeva. "*Influence of Chromium Concentration on Corrosion Resistance of Surface Layers of Stainless Steel.*" *Journal Novosibirsk State Technical University, Department of Chemistry and Chemical Technologies* 340:01022, Jan 2021. DOI: 10.1051/mateconf/202134001022.

- [20] D Irwanto, Y Basir, M Pamuji. "Studi Korosi pada Pipa Menggunakan Metode *Impressed Current* di Petrochina International Jambi." *Ltd. Jurnal Desiminasi Teknologi*, Vol. 1, No. 2. E.ISSN: 2503-5398. Jul 2013. <http://dx.doi.org/10.52333%2Fdestek.v1i2.173>.

- [21] Iron & Steel Society. "*Steel Product Manual Stainless Steel.*" *The Society Pennsylvania State University*. 1999.

- [22] R.T Kenneth, J Chamberlain. "Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan." PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1991.

- [23] N.S Lim, C.W Bang, S Das, H.W Jin, R Ayer, C.G Park. "*Influence of Tempering Temperature on Both the Microstructural Evolution and Elemental Distribution in AISI 4340 Steels.*" *Met. Mater. Int.*, Vol. 18, No. 1, pp. 87-94. Oct 2020. DOI: 10.1007/s11665-020-05164-3.

- [24] Masrufaiyah, A.S Umartono, N.A Hisyamuddin. "Analisa Laju Korosi Galvalum I dan Galvalum II Terhadap Media Air Sumur dan Air Laut." *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik* vol 9 hal 41-48. Dec 2020.

- [25] Mcguire Michael. *Stainless Steel for Design Engineering. Materials Park, Ohio United State of America* 44073-0002. 2008.

- [26] H Mekky H, A Baset. "*Computational Modelling for Specific Heat and Thermal Conductivity of Austenitic Stainless Steels Alloys at Solid Phase.*" *Journal of Composite and Advanced Material* vol 30 pp. 23-27. Mar 2020. DOI: 10.18280/rcma.300104

- [27] Meryanalinda, A.S Umartono, D Setiawan. “Analisa Laju Korosi Material Stainless Steel Grade SS304 dan Alloy UNS N08020 Terhadap Asam Sulfat dan Natrium Hidroksida.” Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Vol. 09 Hal 39-43. Jun 2020. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5225326>.
- [28] M. N. Mujaddedy, Jufriadi, & A Ibrahim. “Analisa Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Aisi 1050.” Jurnal Mesin Sains Terapan, vol. 4, no. 2, p. 127. Nov 2020, DOI: 10.30811/jmst.v4i2.2020
- [29] H Okamoto. “*Binary Alloy Phase Diagrams*.” 2nd ed. ASM International. 1990.
- [30] H Perdana, M.S Anwar, A Juniarsih, E Mabruri. “Pengaruh Suhu dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Laju Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr3MO3Ni.” Jurnal Metalurgi LIPI 32 (1):37-44. Apr 2017, DOI: 10.14203/metalurgi.v32i1.222.
- [31] A Prastyo, F Ibrahim, M Badaruddin. “*Analysis of Mechanical Properties of CD 304 SS at High Temperature Transient Conditions*.” Jurnal Polimesin Lhokseumawe Vol. 20 No. 2 e-ISSN: 259-1999, Aug 2022.
- [32] G Priyotomo, P.A. I Nyoman Gede, F Rokhmanto. “Efek Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Logam *Stainless Steel* Seri J4.” Journal Teknik Vol. 42. No. 2 e-ISSN: 240-9919. Aug 2021, DOI: 10.14710/teknik.v42i2.36461.
- [33] A.K Putra, A Akbar, Y.S Pramesti. “Pengaruh *Quenching* St 304 Terhadap Nilai Kekerasan dengan *Heat Treatment* pada Suhu 750°C Media Pendinginan Larutan Garam.” Jurnal Teknik Mesin, e-ISSN: 2549-7952, jul 2020.
- [34] A.A Ramadhan, E.D Kurniawan, Darti, R Hermawan. “Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045.” Jurnal Teknik Mesin e-ISSN: 2614-1884 Vol. 11 No. 1. Mar 2023. DOI: <http://10.23887/jptm.v11i1.58757>

- [35] F.M Ridlo, P.A Paristiawan, M.A Prasetyo. “Pengaruh Variasi Holding Time dan Media Pendingin pada Proses Solution Treatment Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Paduan Baja Fe12Mn1,5Mo.” Jurnal Metal Indonesia Vol. 42 No. 2. Dec 2020. DOI: 10.32423/jmi.2020.v42.77-85.

- [36] Sailon, S Rizal. “Analisa Perubahan Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Perlakuan Panas Produk Pandai Besi dengan Menggunakan Media Pendingin Batang Pisang.” Jurnal Austenit ISSN 2085-1286 Vol. 6 No. 2. Oct 2014.

- [37] A Setiawan, P Pribadhi, M Ari. “Analisa Pengaruh *Heat Treatment* terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Intergranular SA-240 TP316L.” Jurnal Sains Terapan Vol. 6 No. 1 e-ISSN 2477-5525. Apr 2020. DOI: 10.32487/jst.v6i1.803.

- [38] M Sugeng, F.M Ismail, J.P Utomo. “Analisa Perbedaan Laju Korosi Hasil Pengujian *Weight Loss* dan Polarisasi pada Pipa dengan Pengujian Korosi Standar ASTM G59 DAN ASTM G31.” Jurnal Tera e-ISSN 2776-9666 Vol. 2 Page 48-56. Mar 2022.

- [39] H Sunandrio, L.N Sari. “Serangan Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*) pada *Roll Bearing* Pipa Distribusi.” Jurnal B2TKS, 11 (2);123-130. Dec 2011. <https://doi.org/10.29122/MKK.V11I2.556>.

- [40] Sungkono, S Ismarwanti. “Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Perilaku Tarik dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 304 Paska Perlakuan Panas pada Daerah Sensitisasi 600 – 700°C.” Jurnal ilmiah daur bahan bakar nuklir vol. 27 123-132. Oct 2021. DOI: 10.17146/urania.2021.27.3.6570

- [41] S Tanhaei, K.H Gheisari, A Zaree. “*Effect of Cold Rolling on the Microstructural, Magnetic, Mechanical, and Corrosion Properties of AISI 316L Austenitic Stainless Steel.*” *International Journal of Minerals Metallurgy and Materials*. Vol. 25, No. 6, Jun 2018, doi.org/10.1007/s12613-018-1610-y.

- [42] K.E Thelning. *Steel and It's Heat Treatment*. 2nd edition. Butterworths London. 1984.

- [43] B Utomo. "Jenis Korosi dan Penanggulangannya." *Jurnal Teknik Perkapalan Undip* Vol. 6 No. 2. Jun 2009. DOI: <https://doi.org/10.14710/kpl.v6i2.2731>.
- [44] W.B Utomo, B Hasan. "Penentuan Laju Korosi Baja Kontruksi Menggunakan Metode Tafel Analisis." *Prosiding 6th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Masyarakat*. 2022.
- [45] A.L Yáñez, E Narváez, A Salinas, E Bonifaz. "*Annealing and Normalizing of AISI 1045 Steel: A Lamellae Analysis*." *Int Journal of Metallurgy Met Phys*, 5(2). May 2020. DOI: 10.35840/2631-5076/9253.
- [46] C Zheng, Y Wangwei. "*Effect of low-temperature on mechanical behavior for an AISI 304 austenitic stainless steel*." *Materials Science and Engineering A 710. National Safety Engineering Technology Research Center for Pressure Vessels and Pipelines*. Nov 2017. DOI: 10.1016/j.msea.2017.11.003.
- [47] *Pressure Gauge system*, <https://omika.in/products/pressure-gauge/>. Diakses pada 15 Februari 2025 pukul 10.44.
- [48] *Diaphragm Pressure Gauge* <https://blog.wika.com/en/knowhow/advantages-of-diaphragm-pressure-gauges-2-solution-for-critical-media/>. Diakses pada 15 Februari 2025 pukul 14.32.
- [49] Aziz A. *Inspection Certificate Raw Material SUS304-UFCSS (0.10t)- 0,5 um*. Tokushu Kinzoku Excel CO., LTD. no.0184490212.