

**PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI (900°C), *TEMPERING*
(400°C) DAN PROSES PENDINGINAN TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN UJI TARIK PADA *STAINLESS STEEL 304 THIN*
FOIL UNTUK APLIKASI SENSOR MOBIL**

SKRIPSI

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



Oleh:

BOB REGAN

3334200083

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul	: Pengaruh Temperatur Austenisasi (900°C), <i>Tempering</i> (400°C) Dan Proses Pendinginan Terhadap Struktur Mikro Dan Uji Tarik Pada <i>Stainless Steel 304 Thin Foil</i> Untuk Aplikasi Sensor Mobil
Nama Mahasiswa	: Bob Regan
NIM	: 3334200083
Fakultas	: Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi di atas adalah benar - benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. 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, Juli 2024



Bob Regan

NIM. 3334200083

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI (900°C), *TEMPERING* (400°C) DAN PROSES PENDINGINAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN UJI TARIK PADA *STAINLESS STEEL 304 THIN* *FOIL* UNTUK APLIKASI SENSOR MOBIL

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Bob Regan

3334200083

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 4 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I

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

Penguji II

: Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

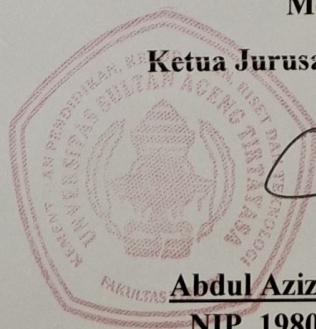
Penguji III

: Suryana, S.T., M.Si.

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

ABSTRAK

Baja paduan *stainless steel* 304 merupakan baja tahan karat austenitik memiliki sifat mekanik yaitu kuat tarik sebesar 646 MPa, kuat luluh 270 MPa, perpanjangan 50%, kekerasan 82 HRB. Adapun tujuan dari penelitian kali ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas *stainless steel* 304 *thin foil* yang dipanaskan dengan temperatur tinggi lalu diuji tarik untuk mengetahui struktur mikro setelah pendinginan. Adapun batasan masalah pada penelitian ini terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Sehingga variabel bebasnya yaitu temperatur austenisasi, temperatur *tempering*, dan proses pendinginan, selanjutnya variabel terikatnya yaitu ukuran butir, struktur mikro, dan uji tarik pada *stainless steel* 304 *thin foil*. Sampel uji yang telah di *heat treatment* menggunakan proses pendinginan cepat (*quenching*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur mikro terlihat seperti jarum atau bilah dan memiliki warna hitam dan juga memiliki sifat mekanik yang sangat keras. Kemudian struktur mikro yang didapatkan dari pengujian ini yaitu fasa martensit dimana fasa ini terbentuk dengan memanaskan sampel hingga temperatur austenit setelah itu didinginkan cepat (*quenching*) dengan menggunakan air es. Selanjutnya pada proses pendinginan cepat ini tidak ada waktu bagi karbon untuk berdifusi keluar, sehingga transformasi terjadi ketika pergeseran atom dari kisi *face centered cubic* (FCC) menjadi *body centered tetragonal* (BCT). Pada sampel SUS 304 *thin foil* hasil uji tarik dengan ukuran butir 1,5 μm memiliki nilai *true stress* terkecil yaitu 406 MPa, dan memiliki nilai *true strain* sebesar 1. Nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 571 MPa, nilai *true strain* yaitu 1,16. Sedangkan pada sampel dengan ukuran butir 3 μm memiliki nilai *true stress* sebesar 380 Mpa, kemudian pada nilai *true strain* nya yaitu 1, sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 490 MPa, dengan nilai *true strain* 1,16.

Kata kunci: *Stainless Steel 304 Thin Foil, Heat Treatment, Struktur Mikro, Uji Tarik, Quenching*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dengan terselesaikannya laporan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi FT. Untirta. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing pertama dan ibu Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T. sebagai dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan arahan dan motivasi kepada penulis selama menjalani perkuliahan serta senantiasa membimbing, memberikan masukan, kritik, saran, dan motivasi yang sangat berguna bagi penulis selama penyusunan skripsi.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral, materi serta selalu memberikan do'a yang terbaik kepada penulis.
3. Bapak Rahman Faiz Suwandana, S.T., M.S selaku Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA
4. Seluruh dosen dan staff jurusan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA yang telah memberikan ilmunya selama penulis kuliah di FT. UNTIRTA.
5. Rekan rekan seperjuangan Teknik Metalurgi FT Untirta Angkatan 2020, yang telah memberikan saran serta yang selalu mendoakan.
6. Rekan rekan Asisten Laboratorium Metalurgi yang telah membantu dalam penelitian ini.
7. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan. Penulis berharap agar Skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, Juli 2024

Bob Regan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR 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
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Ruang Lingkup.....	7
1.5 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Perlakuan Panas (<i>heat treatment</i>).....	9
2.2 <i>Tempering</i>	10
2.3 <i>Quenching</i>	11
2.4 Temperatur Austenisasi.....	12
2.5 Diagram Fe-Fe ₃ C	13

2.6	<i>Stainless Steel</i>	15
2.6.1	Jenis Jenis <i>Stainless Steel</i>	16
2.7	<i>Stainless Steel</i> 304.....	19
2.7	<i>Holding Time</i>	20
2.8	<i>Austenitic Stainless Steel (ASS)</i>	21
2.9	Metalografi.....	22
2.11	Jenis Martensit	24
2.12	Uji Tarik.....	26
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Diagram Alir	28
3.2	Alat dan Bahan.....	29
3.2.1	Alat yang digunakan	29
3.2.2	Bahan yang digunakan.....	29
3.3	Prosedur Penelitian.....	30
3.3.1	Persiapan sampel.....	30
3.3.2	<i>Heat Treatment</i> dan <i>Holding Time</i> 60 menit	30
3.3.3	Pengujian Tarik.....	31
3.3.4	Pengamatan Metalografi	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Data Pengujian <i>Stainless Steel</i> 304 <i>Thin Foil</i>	33
4.2	Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	35
4.3	Hasil Pengujian Tarik.....	46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	60
LAMPIRAN B GAMBAR ALAT DAN BAHAN.....	67
LAMPIRAN C DATA PENDUKUNG.....	72

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi Kimia <i>Stainless Steel</i> 304.....	19
Tabel 2.2	Jenis Baja dan Waktu Tahan Pada Proses Perlakuan Panas.....	12
Tabel 4.1	Dimensi Sampel	33
Tabel 4.2	Data Uji Tarik Sebelum Pengujian SUS 304 Thin Foil 1,5 μm	33
Tabel 4.3	Data Uji Tarik Sebelum Pengujian SUS 304 Thin Foil 3 μm	34
Tabel 4.4	Data <i>Engineering Strain – Engineering Stress</i> SUS 304 Thin Foil 1,5 μm	34
Tabel 4.5	Data <i>Engineering Strain – Engineering Stress</i> SUS 304 Thin Foil 3 μm	34
Tabel 4.6	Data <i>True Strain – True Stress</i> SUS 304 Thin Foil 1,5 μm	34
Tabel 4.7	Data <i>True Strain – True Stress</i> SUS 304 Thin Foil 3 μm	35
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Metalografi.....	35
Tabel 4.9	Data Hasil Fraksi Luas Permukaan Martensit.....	45
Tabel C.1	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> SUS 304 Thin Foil 1,5 μm	73
Tabel C.2	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> SUS 304 Thin Foil 3 μm	73

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> (CCT) (Isworo & Rahman, 2020).....	12
Gambar 2.2	Diagram Fe-Fe ₃ C (Isworo & Rahman, 2020).....	14
Gambar 2.3	Bentuk Struktur Kristal BCC, FCC dan HCP.....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2	Skematik <i>Heat Treatment</i> SUS 304 <i>Thin Foil</i>	22
Gambar 4.1	Omset Tahunan Produk Microforming.....	37
Gambar 4.2	Struktur Mikro SUS 304 1,5 µm <i>Thin Foil</i> (<i>Quenching</i> , perbesaran 200x)	40
Gambar 4.3	Struktur Mikro perbesaran 200x (Kholis & Purwanto, 2022).	40
Gambar 4.4	Struktur Mikro SUS 304 3 µm <i>Thin Foil</i> (<i>Quenching</i> , perbesaran 200x)	41
Gambar 4.5	Struktur Mikro Perbesaran 200x (Kholis & Purwanto, 2022).....	42
Gambar 4.6	Hasil ImageJ Struktur Mikro 1.5 µm.....	43
Gambar 4.7	Hasil ImageJ Struktur Mikro 3 µm.....	43
Gambar 4.8	Sampel Uji Tarik	47
Gambar 4.9	Grafik Tegangan – Regangan Teknik SUS 304 <i>Thin Foil</i>	48
Gambar 4.10	Grafik <i>True Stress</i> - <i>Strain</i> SUS 304 <i>Thin Foil</i>	49
Gambar 4.11	Fraksi volume MPT dengan regangan sebenarnya.....	49

Gambar A.1 Memilih Objek Gambar	64
Gambar A.2 Kalibrasi Gambar	64
Gambar A.3 Menentukan Warna Ambang Batas	65
Gambar A.4 Menentukan Biner.....	65
Gambar A.5 Menentukan <i>Limit To Threshold</i>	66
Gambar A.6 Penentuan Fraksi Luas Area	66
Gambar B.1 Sampel Percobaan	68
Gambar B.2 Cawan	68
Gambar B.3 Kain <i>Polishing</i>	68
Gambar B.4 Larutan Asam <i>Hidrofluorik</i>	68
Gambar B.5 Asam Nitrat.....	69
Gambar B.6 Mesin <i>Grinding</i> dan <i>Polishing</i>	69
Gambar B.7 Mikroskop Optik.....	69
Gambar B.8 <i>Muffle Furnace</i>	69
Gambar B.9 Pasta Alumina	70
Gambar B.10 Sarung Tangan	70
Gambar B.11 Tang Penjepit	70
Gambar B.12 Aquades.....	70
Gambar B.13 Ampelas	71
Gambar B.14 Mesin Uji Tarik.....	71
Gambar C.1 Hasil Pengujian Kekerasan pada SUS 304 <i>Thin Foil</i> 1,5 μm (Perbesaran 50x).....	71

Gambar C.2 Hasil Pengujian Kekerasan pada SUS 304 <i>Thin Foil</i> 3 μm (Perbesaran 50x)	71
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses manufaktur sebuah material dapat dikatakan siap untuk digunakan apabila telah teruji secara mekanik ataupun fisik. Beberapa pengujian yang dilakukan terhadap material logam yaitu, uji tarik, uji kekerasan, uji impak dan lain-lain. Namun selain pengujian ada juga perlakuan terhadap logam agar logam tersebut memiliki sifat-sifat yang diinginkan. Perlakuan terhadap logam ini salah satunya adalah perlakuan panas, sebuah logam yang telah diproduksi dan belum memiliki sifat-sifat yang dibutuhkan untuk dapat digunakan, maka dengan perlakuan panas ini dapat menghasilkan logam dengan sifat yang diinginkan.

Kemajuan industri suatu negara pada umumnya baik langsung maupun tidak langsung tidak lepas dari peranan industri metalurgi. Apapun jenis industrinya, selalu menggunakan logam, dengan semakin berkembangnya peran industri metalurgi terhadap perkembangan industri lainnya, maka produk industri metalurgi dalam hal ini yaitu *stainless steel* harus mempunyai kualitas mutu yang baik. Khususnya bagi industri metalurgi yang memproduksi mesin-mesin atau bagian-bagian dari suatu industri, dimana mesin-mesin atau bagian-bagian tersebut sangat mempengaruhi kelangsungan proses suatu industri. *Stainless steel* dikatakan berkualitas baik apabila baja karbon tersebut mempunyai sifat-sifat yang diperlukan sesuai dengan fungsinya, misalnya ukuran, kekerasan, kekuatan, ketahanan terhadap abrasi, dan lain-lain [1].

Perlakuan panas akan sempurna apabila memperhatikan faktor dari temperatur dan media pendingin yang digunakan. Temperatur proses akan menentukan tingkat ketahanan dan kekuatan dari material. Proses pemanasan material hingga temperatur diatas daerah kritis yakni pada temperatur 900°C akan membentuk struktur *austenite* yang merupakan larutan solid di dalam baja. Kemudian struktur *austenite* ini akan berubah menjadi struktur *martensite* pada saat didinginkan atau dicelupkan ke media pendingin. Struktur *martensite* ini akan terbentuk secara sempurna tergantung dari laju pendinginannya, kemudian laju pendinginan tersebut bergantung pada media *quenching* yang digunakan, hal ini disebabkan setiap media pendingin mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda beda [2].

Stainless steel yaitu baja paduan (*alloy steel*) yang mengandung 11,5% krom berdasarkan beratnya. *Stainless steel* mempunyai sifat yang anti korosi seperti logam baja lainnya. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan krom. *Stainless steel* memiliki persentase krom yang memadai sehingga membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi. Untuk memperoleh ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi biasanya dilakukan dengan menambahkan kromium sebanyak 13-26 % [2].

Lapisan pasif *chromium (III) oxide* (Cr_2O_3) merupakan lapisan yang sangat tipis dan tidak kasat mata, sehingga tidak akan mengganggu penampilan dari *stainless steel* itu sendiri. Kemudian dari sifatnya yang tahan terhadap air dan udara, *stainless steel* tidak memerlukan perlindungan logam khusus karena lapisan pasif tipis ini akan cepat terbentuk kembali ketika mengalami goresan. *Stainless steel* tipe

304 yaitu jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Lalu komposisi kimia, kekuatan mekanik, dan ketahanan korosinya juga sangat baik, *stainless steel* 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil [2].

Efek ukuran (*size effect*) yang sifat mekaniknya berbeda dari skala makro ke skala mikro, merupakan komponen penting dalam bidang pembentukan mikro. Dimana miniaturisasi dari skala makro ke skala mikro karena populasi butiran yang rendah pada logam atau foil logam tipis. Rasio ketebalan terhadap ukuran butir sangat rendah pada skala mikro dibandingkan dengan skala makro dan ketebalan logam kurang dari 1,0 mm. Semua efek ukuran dikategorikan menjadi tiga kategori yaitu efek pada kepadatan, bentuk, dan struktur. Efek ukuran pada densitas disebabkan oleh penurunan massa dan volume bahan, lalu efek ukuran pada bentuk disebabkan oleh penurunan bentuk dari skala makro ke skala mikro dan efek ukuran pada struktur disebabkan oleh penurunan massa dan volume bahan [3].

Saat ini industri skala mikro berkembang dengan sangat cepat, terutama dalam industri elektronik, biomaterial dan teknologi *microstamping* seperti *microgasket*, *micro shims*, dan cincin penyegel logam. Sebagian besar komponen mikro yang digunakan dalam industri elektronik dan biomedis dibuat dengan teknologi pembentukan mikro. Akan tetapi efek ukuran mempengaruhi aliran material dan kegagalan lembaran logam tipis, terutama karena lebih sedikit butiran. Selanjutnya pengasaran permukaan bebas meningkat seiring dengan penurunan ketebalan lembaran. Ini ditunjukkan dengan fakta bahwa rasio kekasaran permukaan dengan ketebalan lembaran tipis sebanding dengan lembaran

konvensional. Pengasaran permukaan secara signifikan mempengaruhi perilaku deformasi plastis dan rekahan ulet selama pembentukan mikro [3].

Efek ukuran dapat menyebabkan sifat material yang tidak homogen dan parameter proses yang tinggi, hal ini membuat proses pembentukan tidak dapat diprediksi pada skala mikro. Sehingga untuk mengatasi masalah ini, pembentukan mikro dengan bantuan panas atau perlakuan panas (*heat treatment*) diperlukan untuk mengurangi efek ukuran. Sehingga pada proses perlakuan panas dapat meningkatkan plastisitas logam secara signifikan. Sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi dapat meningkatkan mobilitas dislokasi logam, yang membuat regangan plastis dari paduan sulit diubah bentuk pada suhu kamar [4].

Pembentukan mikro yaitu metode penting dalam pembuatan komponen mikro untuk digunakan dalam sistem mikro elektromekanis (MEMS) karena karakteristiknya yang mendekati bentuk bersih, produktivitas yang tinggi, dan dua sifat mekanik yang sangat baik dari komponen yang cacat. Ketika ukuran fitur dari dimensi spesimen diperkecil menjadi kurang dari 1 mm, ukuran butir dapat menyebabkan beberapa perbedaan dalam karakteristik manufaktur dasar. komponen mikro yang digunakan dalam industri otomotif dan produksi, serta komponennya dengan fitur mikro yang digunakan dalam aplikasi elektronik, masing-masing menunjukkan bahwa teknologi pembentukan mikro memiliki banyak aplikasi di berbagai industri. Saat ini, permintaan untuk *microforming* meningkat di industri seperti produk elektronik, MEMS, peralatan medis, aplikasi luar angkasa, dan teknologi sensor [5].

Industri pembentukan logam, khususnya di bidang *microforming* mendapat banyak manfaat dari penelitian ini karena kekasaran permukaan mempengaruhi *formability* pada *Thin Metal Foil* (TMF). Penelitian ini menawarkan banyak manfaat bagi industri pembentukan logam, khususnya di bidang *microforming*. *Austenite Stainless Steel* (ASS) TMF banyak digunakan dalam industri *microforming* seperti mobil, medis, biosensor, dan bioanalisis, permintaannya luar biasa dan terus meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh temperatur austenisasi 900°C , *tempering* 400°C dan proses pendinginan terhadap struktur mikro dan uji tarik pada *stainless steel 304 thin foil*. Pada penelitian ini melakukan perlakuan panas menggunakan *muffle furnace* dengan temperatur 400°C dan 900°C lalu melakukan *holding time* selama 60 menit, setelah itu didinginkan menggunakan media *ice cooling*. Pada hasil percobaan perlakuan panas selanjutnya dianalisis sifat kekuatan tariknya dengan alat uji tarik kemudian dilakukan pengamatan metalografi dengan menggunakan *Optical Microscope* (OM) untuk mengetahui perubahan fasa yang terjadi pada *stainless steel 304 thin foil*.

Distribusi suhu yang tidak merata dapat menyebabkan oksidasi permukaan, dan adhesi pada foil tipis masalah lain yang muncul pada suhu tinggi. Dimana arus listrik dapat mempercepat pembentukan tahap awal endapan dari keadaan lewat jenuh. Lalu terdapat rongga rongga kecil yang terdapat pada foil tipis (*microvoids*) di sekitar endapan pada batas butir akan membuat spesimen patah. Sehingga untuk menghindari pembentukan pori-pori mikro di tepi foil tipis, dilakukan pemanasan homogen karena perlakuan panas (HT) pada foil tipis mengalami pemanasan lokal.

Saat ini, proses skala mikro ini tidak begitu akurat dan presisi di industri, jadi mengurangi dampak ukuran sangat penting. Maka perlakuan panas (HT) menunjukkan hasil yang baik untuk mengurangi dampak efek ukuran [6].

Selanjutnya pada penelitian kali ini aplikasi pada SUS 304 *thin foil* yaitu pada sensor bahan bakar. Sensor adalah bagian penting dari sistem kontrol elektronik yang terlibat dalam kendaraan, dimana perangkat yang mengubah besaran fisik seperti tekanan atau akselerasi disebut sensor. Sehingga sinyal yang berfungsi sebagai input untuk kontrol sensor utama mobil adalah perangkat terpisah yang mengukur tekanan oli, tingkat bahan bakar, suhu cairan pendingin, dan informasi lainnya. Modul kontrol mesin otomotif berbasis mikroprosesor dimulai pada akhir tahun 1970 secara bertahap untuk memenuhi peraturan emisi federal [7].

Selanjutnya sistem ini membutuhkan sensor baru seperti *manifold absolute pressure* (MAP), suhu udara, dan stoikiometri gas buang untuk sensor titik operasi yang memiliki rasio udara-bahan bakar, kebutuhan akan sensor terus meningkat. Sistem permesinan mikro dan mikro elektromekanis (MEMS) merupakan kemajuan penting dalam teknologi sensor otomotif. Sensor otomotif MEMS pertama kali dibuat pada tahun 1981 dengan sensor tekanan untuk kontrol mesin. Kemudian pada awal tahun 1990-an, pengembangannya dilanjutkan dengan akselerometer untuk mendeteksi tabrakan untuk sistem keamanan udara dan sekarang dengan sensor inersia laju sudut untuk sasis stabilitas kendaraan. Sehingga MEMS sangat penting karena dapat mengurangi biaya pemrosesan dan memasukkan kecerdasan elektronik ke dalam chip [8].

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah yang akan dijadikan bahasan:

1. Bagaimana pengaruh temperatur austenisasi dan *tempering* terhadap struktur mikro dan nilai kekuatan tarik pada *stainless steel 304 thin foil*
2. Bagaimana proses pendinginan dapat mempengaruhi struktur mikro dan nilai kekuatan tarik pada *stainless steel 304 thin foil*

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap struktur mikro *stainless steel 304 thin foil*
2. Untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap sebaran fasa martensit di struktur mikro logam *stainless steel 304 thin foil*
3. Untuk mengetahui prediksi *surface roughening* pada suhu tinggi hasil penelitian
4. Untuk mengetahui mampu bentuk logam *thin foil* hasil penelitian
5. Untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap sifat mekanik logam *ultra tipis*

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian kali ini yaitu:

1. Sampel pada penelitian kali ini menggunakan *stainless steel 304 thin foil*
2. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Untirta

3. Adapun batasan masalah pada penelitian ini terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Sehingga variabel bebasnya yaitu variasi *grain size* (ukuran butir) dan proses pendinginan, selanjutnya variabel terikatnya yaitu struktur mikro dan nilai kekuatan pada *stainless steel 304 thin foil*

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi pada penelitian ini terdapat lima bab yaitu Bab 1 Pendahuluan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup serta sistematika penulisan penelitian. Pada Bab II meliputi tinjauan pustaka, berisikan teori teori dasar terkait penelitian sebagai acuan dalam analisis pembahasan. Selanjutnya pada Bab III berisikan metode penelitian yang dilakukan meliputi diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur penelitian yang dilakukan mulai dari preparasi sampel hingga ke proses pengujian. Bab IV menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang telah didapat. Bab V menjelaskan mengenai kesimpulan dan Saran dari penelitian ini. Pada lampiran A berisikan tentang perhitungan penelitian yang telah dilakukan setelah pengujian dilakukan, Selanjutnya untuk lampiran B berisikan gambar dari alat dan bahan pada penelitian ini. Lalu pada lampiran C berisikan data pendukung

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kirono, S., Diniardi, E., & Prasetyo, I. (n.d.). Perlakuan Panas (*Heat Treatment*).
- [2] Syuffi, R. F., & Arif Irfa', M. (2014). Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air (Vol. 03).
- [3] Smaga M, "Deformation – Induced Martensitic Transformation in Metastable," *Material Science and Engineering A*, vol. 394, pp. 483-484, 2008.
- [4] Hao Zhang, "The Effect of Electrically – Assisted Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification on 3 D – Printed Ti-6Al 4V Alloy," *Additive Manufacturing* 22, pp. 60-68, 2018.
- [5] S. Mashalkar, "Ultra-thin Sheet Metal Micro-forming," *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM) ISSN : 2454-9150*, no. AMET, 2018.
- [6] Moon-Jo Kim, "Electric Current Assisted Deformation Behavior of Al-Mg-Si Alloy Under Uniaxial Tension," *International Journal of Plasticity* 94, pp. 148-170, 2017.
- [7] D. Eddy and D. Sparks, "Application of MEMS technology in automotive sensors and actuators," *Proc*, vol. 86, p. 1747–1755, August 1998.
- [8] M. Barron and W. Powers, "The role of electronic controls for future automotive mechatronic systems," *Trans. Mechatronics*, vol. 1, pp. 80 - 88, 1996.
- [9] Saefuloh, I., Pramono, A., Jamaludin, W., Rosyadi, I., & Diterima, N. (2018). *Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston Aluminium-Silikon Alloy INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK: Vol. IV* (Issue 2).
- [10] Adipura, A., & Nafi, M. (2022). Analisa Pengaruh Heat Treatment Tempering Dengan Variasi Waktu Tahan Dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. In *Prosiding Senakama* (Vol. 1).
- [11] Adi Bowo, Y. (2012). Kajian Pengaruh Tempering Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pengelasan Stainless Steel (Vol. 2, Issue 1).

- [12] Isworo, H., & Rahman, N. (2020). *Effect Of Variations In Heating Temperature And Cooling Media On The Hardness And Microstructure Of Steel ST 41 Hardening Method*. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(1), 37–50.
- [13] Setyowati, V. A., Wahyu, D. E., Widodo, R., & Surabaya, T. (n.d.). Analisis Kekuatan Tarik Dan Karakteristik XRD Pada Material Stainless Steel Dengan Kadar Karbon Yang Berbeda.
- [14] Aswan, D., Ritonga, A., Idris, M., Teknik, J., Sekolah, M., Teknik, T., & Medan, H. (n.d.). Karakteristik Bahan Steel 304 Terhadap Kekuatan Impak Benda Jatuh Bebas. 6(2), 2017.
- [15] Aziz, A., & Yang, M. (2020). Effect of Martensitic Transformation and Grain Size on the Surface Roughening Behavior in SUS 304 and SUS 316 Thin Metal Foils. *Eng*, 1(2), 167–182.
- [16] Luhur, D., Saputra, I., Teknologi, P., & Radioaktif -Batan, L. (n.d.). Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan Tahun 2018 Analisis Struktur Mikro Logam Stainless Steel Tipe SS 304 Di Instalasi KHIPSB3.
- [17] Reza Abbaschian., *Physical Metallurgy Principles, Fourth Edition*. 2009. USA
- [18] J., Bhaskara Sardi, V., Jokosisworo, S., & Yudo, H. (2018). Jurnal Teknik Perkapalan Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 142.
- [19] Denti Salindeho, R., Soukota, J., Poeng, R., Teknik, J., Universitas, M., & Ratulangi, S. (n.d.). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material.
- [20] Rusjdi Andika Widya Pramono Wahyu Bawono Faathir Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Baja AISI, H.,
- [21] A. Aziz, "Effects of Martensitic Transformation on the Surface Roughening Behaviors of Austenitic Thin Metal Foils," *Department of Mechanical System Engineering*, 2022.
- [22] Mahajan, P., Patil, J., & Mishra, S. (2023). Micro incremental forming of thin SS304 foils and its microstructural study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1284(1), 012045.
- [23] Kholis, N., & Purwanto, H. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Tempering Terhadap Kekerasan dan Metalografi pada Stainless Steel Sebagai Material Alat Kesehatan. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 12(1), 131.

- [24] M. B.Meng, "Size effect on deformation behavior and ductile fracture in microforming of pure copper sheets considering free surface roughening," *Materials & design* 83, pp. 400-412, 2015.
- [25] Smaga M, "Deformation – Induced Martensitic Transformation in Metastable," *Material Science and Engineering A*, vol. 394, pp. 483-484, 2008.
- [26] T. Maeda, "A proposal of developing of super micro-precision press-machine," *The Japan Society for Technology of Plasticity*, pp. 12 -13, 1990.
- [27] M. B. a. W. Powers, "The role of electronic controls for future automotive mechatronic system," *Trans Mechatronics*, vol. 1, pp. 80 - 88, 1996.