

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Pengujian *Stainless Steel 304 Thin Foil*

Data pengujian penelitian ini diawali proses perlakuan panas dimana sampel dengan variasi temperatur yaitu 400°C dan 900°C. Setelah itu dilakukan pengamatan struktur mikro terhadap sampel yang telah diberikan perlakuan panas (*heat treatment*). Tahap selanjutnya dilakukan pengujian tarik terhadap sampel tersebut, untuk mencari *reduction of area* (Ra) atau reduksi penampang dimana Ra ini dapat dihitung dengan membandingkan luas penampang asli dengan luas penampang setelah sampel patah dan dihitung persentasenya. Kemudian mencari persentase martensit dapat dicari dengan cara mengolah gambar struktur mikro menggunakan *image processing software* atau ImageJ. Berikut ini data hasil uji tarik pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.7:

Tabel 4.1 Dimensi Sampel

Panjang Awal (mm)	Luas Penampang (mm)	Tebal (mm)
25	0,4	0,1

Tabel 4.2 Data Uji Tarik Sebelum Pengujian SUS 304 *Thin Foil* 1,5 µm

<i>Vickers Hardness</i>	<i>Tensile Strenght</i>	<i>Yield Strenght</i>	<i>Elongation</i>	<i>Thickness</i>	<i>Width</i>
261 HV	874 MPa	565 MPa	50,0 %	0,095 – 0,105 mm	20,000 – 20,030 mm

Tabel 4.3 Data Uji Tarik Sebelum Pengujian SUS 304 *Thin Foil* 3 μm

<i>Vickers Hardness</i>	<i>Tensile Strenght</i>	<i>Yield Strenght</i>	<i>Elongation</i>	<i>Thickness</i>	<i>Width</i>
227 HV	849 MPa	488 MPa	55,0 %	0,095 – 0,102 mm	20,000 – 20,030 mm

Tabel 4.4 Data *Engineering Strain – Engineering Stress* SUS 304 *Thin Foil* 1,5 μm

Panjang (mm)	Gaya (N)	<i>Engineering Strain</i> (ϵ)	<i>Engineering Stress</i> (MPa)
25	162,5	1	406
26	195,2	1,04	488
27	203,3	1,08	508
28	226,3	1,12	565
29	228,7	1,16	571

Tabel 4.5 Data *Engineering Strain – Engineering Stress* SUS 304 *Thin Foil* 3 μm

Panjang (mm)	Gaya (N)	<i>Engineering Strain</i> (ϵ)	<i>Engineering Stress</i> (MPa)
25	152	1	380
26	165,9	1,04	414
27	185,4	1,08	462
28	195,5	1,12	487
29	196,1	1,16	490

Tabel 4.6 Data *True Strain – True Stress* SUS 304 *Thin Foil* 1,5 μm

Panjang (mm)	Gaya (N)	<i>True Strain</i> (mm)	<i>True Stress</i> (MPa)
25	152	0	406,25
26	165,9	3,25	488
27	185,4	5,86	508,25

28	195,5	8,09	565,75
29	196,1	10,07	571,75

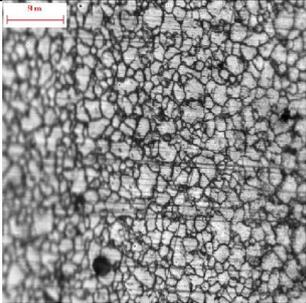
Tabel 4.7 Data *True Strain – True Stress* SUS 304 Thin Foil 3 μm

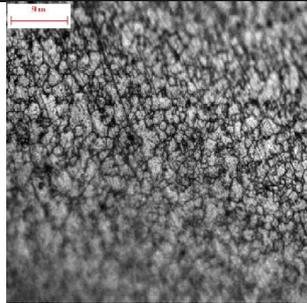
Panjang (mm)	Gaya (N)	<i>True Strain</i> (mm)	<i>True Stress</i> (MPa)
25	152	0	380
26	165,9	3,25	414,75
27	185,4	5,86	463,5
28	195,5	8,09	488,75
29	196,1	10,07	490,25

4.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Setelah melakukan pengujian metalografi, maka data yang didapat dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Metalografi

Struktur Mikro	Keterangan
	<p>Setelah <i>Heat Treatment</i> Bahan: SUS 304 <i>Thin Foil</i> (1,5 μm) Perbesaran: 50x Perlakuan: <i>Quenching</i> (air es)</p>

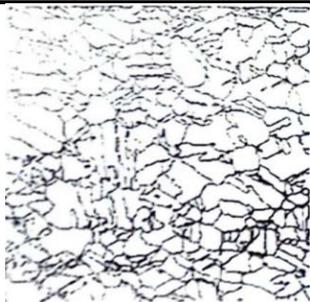


Setelah *Heat Treatment*

Bahan: SUS 304 *Thin Foil* (3 μm)

Perbesaran: 50x

Perlakuan: *Quenching* (air)



Sebelum *Heat Treatment*

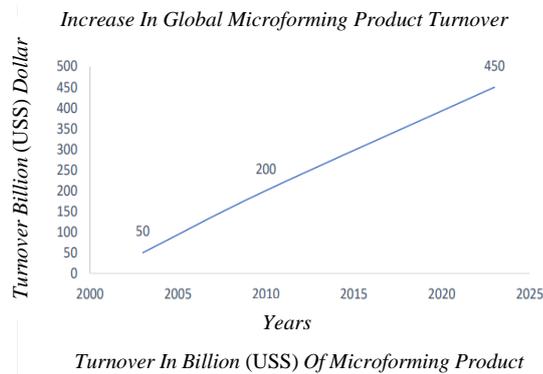
Bahan: SUS 304 *Thin Foil* (1,5 μm)



Sebelum *Heat Treatment*

Bahan: SUS 304 *Thin Foil* (3 μm)

Pada bidang industri semakin tertarik pada *microforming*, teknologi masa depan utama akibat dari tren yang sedang berlangsung menuju produk yang lebih kecil terutama di produksi elektronik tetapi juga di bidang teknologi sistem mikro dan kedokteran. Analisis pasar baru-baru ini tentang transaksi sistem mikro global menunjukkan tren ini meningkat dari US\$ 50 miliar pada tahun 2003 menjadi lebih dari US\$ 200 miliar pada tahun 2010 dan dapat mencapai lebih dari US\$ 450 miliar pada tahun 2023 [14]. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 Omset Tahunan Produk *Microforming* [21].

Berdasarkan *Yole Development* (Villeurbanne, Prancis) memperkirakan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan/*compound annual growth rates* (CAGR) pasar sistem elektro mekanis/*microelectromechanical systems* (MEMS) di bidang manufaktur mikro dari tahun 2018 hingga tahun 2024 sebesar 7,5%, 43,6%, dan 11,0% untuk aplikasi medis, telekomunikasi, dan aplikasi industri masing-masing. Sementara itu, CAGR untuk pangsa pasar komponen mikro logam dengan karakteristik yang sangat baik seperti kekuatan, kemampuan kerja, kemampuan bentuk, dan juga keuletan akan sebanding dengan CAGR untuk pangsa pasar semikonduktor. Dengan demikian CAGR sebesar 7,4%, pendapatan global MEMS akan meningkat dari US \$ 11,5 miliar menjadi US \$ 17,7 miliar antara tahun 2019 sampai tahun 2025 [21].

Pembentukan mikro adalah 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 (D_g) 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 [21].

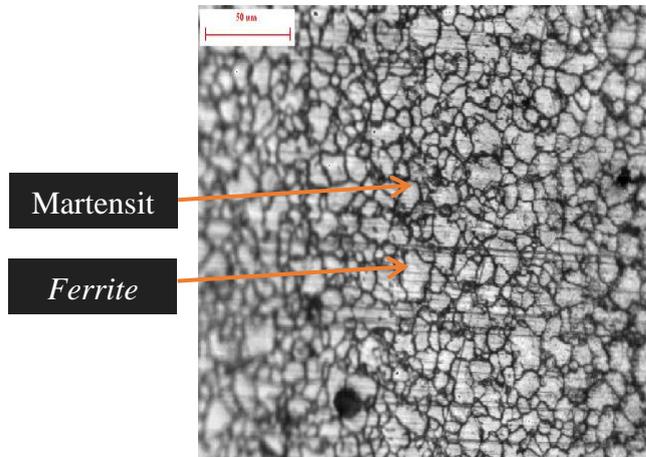
Baja tahan karat 304 *thin foil* umumnya digunakan dalam industri seperti elektrokimia, laser, biomedis, dan sensor. Baja tahan karat banyak digunakan karena mempunyai masa pakai yang lama dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Pembentukan struktur mikro yaitu proses yang menghasilkan dimensi komponen dalam mikrometer. Di antara semua proses pembentukan struktur mikro, pembentukan ini menghasilkan skala mikro pada lembaran logam tipis (*thin metal foil*). Kemudian perilaku material pada skala mikro membuat proses ini menjadi sulit. Salah satu tantangan terbesarnya yaitu perilaku deformasi material yang bergantung pada ukuran [22].

Selanjutnya pada sifat mekanik suatu bahan sangat dipengaruhi oleh ukurannya, hal ini membatasi penerapan langsung parameter proses pembentukan logam pada proses pembentukan struktur mikro. Dalam hal ini memerlukan pengembangan teknik dan alat baru yang harus dikembangkan untuk menghasilkan struktur mikro yang diinginkan. Sehingga kondisi kontak gesekan dalam komponen kecil merupakan tantangan lain dalam pembentukan struktur mikro dan perlu

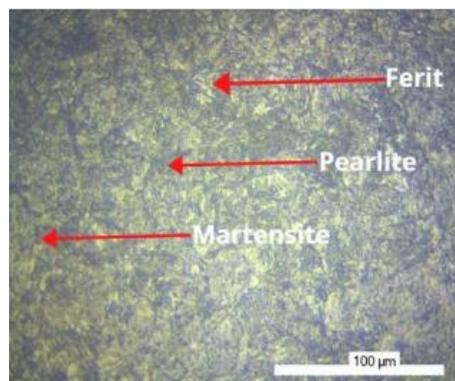
ditangani dengan lebih ketat. Sedangkan pada skala mikro, bidang kontak antara gesekan dan benda kerja sangat kecil, tetapi gesekan ini dapat menjadi faktor dominan dalam proses deformasi [22].

Berdasarkan hal tersebut untuk meningkatkan kekasaran pada permukaan dan dapat mempengaruhi keakuratan struktur mikro yang dihasilkan. Selanjutnya, untuk lembaran logam tipis, partikel yang lebih kecil pada arah ketebalan dapat mempengaruhi perilaku material dan proses deformasi. Oleh karena itu, sangat penting untuk merumuskan pendekatan baru untuk mengontrol struktur butir dan perilaku deformasi material selama pembentukan mikro. Sehingga untuk mengatasi tantangan tersebut, berbagai teknik seperti *micro stamping*, *micro extrusion*, dan *micro drawing* telah dikembangkan [22].

Sementara itu teknik-teknik ini memerlukan alat dan perlengkapan khusus yang dirancang untuk beroperasi pada skala mikro dan menghasilkan mikro yang presisi. Para peneliti menyelidiki pengaruh ukuran lembaran terhadap perilaku deformasi selama pemrosesan. Dimana pengaruh ukuran pada pembuatan komponen logam menemukan bahwa pengurangan ukuran komponen logam mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap tegangan luluh. Selain itu juga, sifat mampu bentuknya berkurang, sehingga sulit untuk mengontrol proses pembentukan struktur mikro [22]. Berikut ini hasil penelitian pengujian metalografi:



Gambar 4.2 Struktur Mikro SUS 304 1,5 μm *Thin Foil* (*Quenching*, perbesaran 50x)

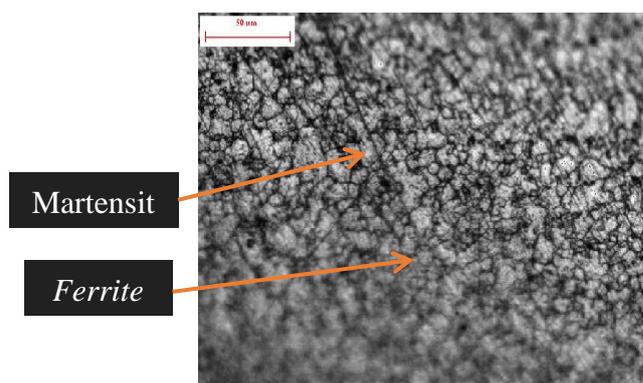


Gambar 4.3 Struktur Mikro perbesaran 200x [8].

Pada Gambar 4.2 merupakan sampel uji yang telah di *heat treatment* menggunakan proses pendinginan cepat (*quenching*) dengan perbesaran 50x. Lalu pada gambar ini terlihat seperti jarum atau bilah dan memiliki warna hitam yang sangat pekat 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 atom dari kisi *face centered cubic* menjadi *body centered tetragonal*. Untuk itu transformasi geser pada atom bisa menyebabkan kisi kisi pada kristal mengalami distorsi.

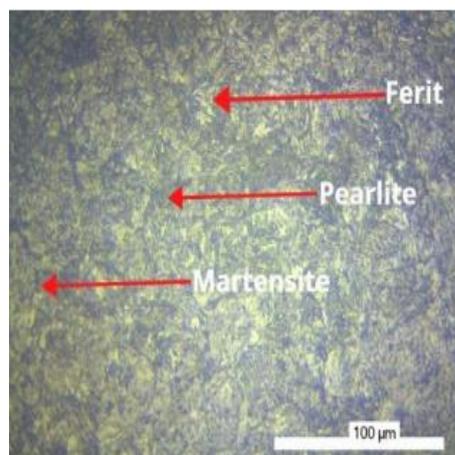
Selanjutnya untuk perbandingan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan literatur yang menjelaskan bahwa pada Gambar 4.3 Struktur mikro pada baja tahan karat didominasi oleh struktur martensit dan ferrit. Hal ini dikarenakan baja tahan karat merupakan baja tahan karat dengan komposisi karbon sebesar 0,042%. Pada proses austenisasi mengubah struktur pada baja tahan karat menjadi perlit dan martensit. Kemudian struktur martensitnya berbentuk bilah, kecil, dan padat. Lalu masuk pada proses *tempering*, dimana proses ini mengubah struktur martensit yang sebelumnya dominan menjadi struktur martensit tereduksi sebesar 30% sehingga mengakibatkan penurunan nilai kekerasan yang kurang signifikan [23].



Gambar 4.4 Struktur Mikro *Stainless Steel 304 3 μm Thin Foil (Quenching, perbesaran 50x)*

Pada Gambar 4.4 merupakan sampel uji yang telah di *heat treatment* menggunakan proses pendinginan cepat (*quenching*) dengan perbesaran 50x. Lalu

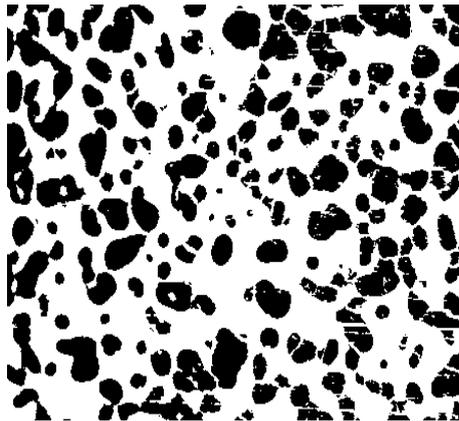
pada gambar ini terlihat seperti jarum atau bilah dan memiliki warna hitam yang sangat pekat dan juga memiliki sifat mekanik yang sangat keras. Kemudian struktur mikro yang didapatkan dari pengujian ini yaitu fasa martensit dimana fasa ini terbentuk dengan memanaskan sampel hingga temperatur austenit 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 atom dari kisi *face centered cubic* menjadi *body centered tetragonal*. Untuk itu transformasi geser pada atom bisa menyebabkan kisi kisi pada kristal mengalami distorsi



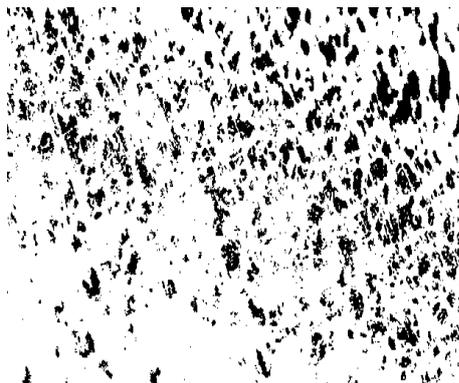
Gambar 4.5 Struktur Mikro Perbesaran 200x [23].

Selanjutnya untuk perbandingan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan literatur yang menjelaskan bahwa pada Gambar 4.5 Struktur mikro pada baja tahan karat didominasi oleh struktur martensit dan ferrit. Hal ini dikarenakan baja tahan karat merupakan baja tahan karat dengan komposisi karbon sebesar 0,042%. Pada proses austenisasi mengubah struktur pada baja tahan karat menjadi perlit dan martensit. Kemudian struktur martensitnya berbentuk bilah, kecil, dan

padat. Lalu masuk pada proses *tempering*, dimana proses ini mengubah struktur martensit yang sebelumnya dominan menjadi struktur martensit tereduksi sebesar 30% sehingga mengakibatkan penurunan nilai kekerasan yang kurang signifikan.



Gambar 4.6 Hasil *ImageJ* Struktur Mikro 1.5 μm



Gambar 4.7 Hasil *ImageJ* Struktur Mikro 3 μm

Pada hasil pengamatan struktur mikro pada proses pendinginan cepat (*quenching*) di air, terdapat austenit sisa yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna terang. Kemudian Sebagian besar austenit akan berubah menjadi martensit pada saat didinginkan ke dalam media berupa air. Lalu pada bagian yang tidak bertransformasi menjadi martensit disebut austenit sisa. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menghasilkan persentase luas permukaan martensit

yang berbeda, lalu untuk mendapatkan nilai persentase luas permukaan martensit menggunakan *software* ImageJ untuk menghitung persentase luas permukaan martensit berdasarkan gelap dan terang dari hasil metalografi. Hal ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh waktu pemanasan dan temperatur terhadap persentase luas permukaan martensit.

Jenis martensit yang dihasilkan sebenarnya bergantung pada jumlah karbon dalam baja. Apabila kandungan karbonnya rendah maka jenis martensit yang terbentuk adalah martensit *lath*. Jika kandungan karbonnya sedang maka akan terbentuk campuran martensit dan jika kandungan karbon pada baja itu tinggi maka akan terbentuk pelat martensit. Sehingga tidak ada proses difusi atau penambahan komposisi kimia pada transformasi martensit, faktor yang mempengaruhinya yaitu kandungan karbon, kecepatan pendinginan, dan komposisi. Ketika suhu logam yang dapat mengalami reaksi martensit menurun, akhirnya mencapai suhu kesetimbangan yang mana memisahkan antara daerah stabilitas dari dua fase berbeda yaitu di bawah suhu, energi bebas logam berkurang karena logam mengalami perubahan fasa dari keadaan stabil pada suhu tinggi ke keadaan stabil pada suhu rendah. Dimana perbedaan energi bebas ini merupakan kekuatan pendorong utama dari reaksi martensit. Maka perubahan fasa yang terjadi selama transformasi martensit disebabkan oleh pergerakan antarmuka yang memisahkan fasa induk dari produk. Sehingga saat antarmuka bergerak, atom-atom dalam struktur kisi fase induk tersusun ulang dalam kisi fase martensit.

Permukaan biasa, atau permukaan tempat terbentuknya lempeng martensit, biasanya juga diasumsikan sebagai permukaan yang tidak terdistorsi. Dimana

deformasi bentuk makroskopis dalam pembentukan pelat martensit dianggap sebagai gaya geser yang sejajar dengan bidang kebiasaan dan tegangan tarik atau tekan sederhana (*uniaksial*) yang tegak lurus terhadap bidang kebiasaan. Jenis pembebanan ini yang dikenal sebagai distorsi invarian tingkat, dimana bentuk paling umum yang dapat terjadi ketika invarian tingkat dipertahankan normal. Baik geser yang sejajar dengan permukaan maupun pemuaian atau kontraksi yang tegak lurus terhadap permukaan tidak mengubah posisi atau ukuran vektor pada permukaan. [17]. Berikut pada Tabel 4.9 merupakan data hasil persentase luas permukaan martensit:

Tabel 4.9 Data Hasil Fraksi Luas Permukaan Martensit

Temperatur (°C)	<i> Holding Time</i>	<i> Grain Size</i> (μm)	% Luas Permukaan Martensit
400 & 900	60 Menit	1,5	87,17
400 & 900	60 Menit	3	24,30

Berdasarkan hal tersebut karena tingginya kandungan kromium sebagai penstabil ferit dan unsur karbon sebagai unsur martensit. Maka *martensitic phase transformation* (MPT) hanya terdapat pada foil logam tipis SUS 304 yang mengandung partikel halus dan kasar. Kromium merupakan senyawa karbida yang meningkatkan kekuatan partikel untuk foil logam tipis SUS 304, kekasaran permukaan meningkat secara proporsional pada butiran kasar karena persimpangan pita selip yang lebih rendah. Hal ini menghasilkan MPT dan Mf partikel kasar yang lebih rendah dibandingkan dengan partikel halus, dimana perpotongan pita selip

lebih besar pada butiran halus dibandingkan butiran kasar. Akibatnya, peningkatan MPT lebih besar pada butiran halus dibandingkan butiran kasar [17].

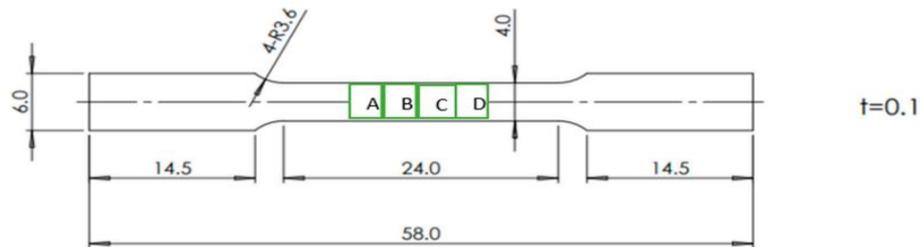
Ukuran butir (*grain size*) yang berbeda digunakan untuk menyelidiki perilaku kekasaran permukaan pada ukuran butir yang berbeda. Diketahui bahwa kekasaran permukaan partikel yang lebih besar akan meningkat secara proporsional ketika lembaran logam tipis mengalami deformasi plastis. Sehingga pada SUS 304 memiliki struktur kristal BCC dan FCC. Hal ini sangat penting untuk menjelaskan perilaku permukaan dan mekanisme kekasaran pada foil logam tipis SUS 304 dengan ukuran butir yang berbeda [15].

Adapun faktor yang mempengaruhi pada pengujian metalografi ini yaitu pada proses grinding atau pengampelasan sampel yang baik untuk menghasilkan struktur mikro yang bagus dan sesuai yang diinginkan. Kemudian faktor berikutnya yaitu polishing dimana polishing ini berperan sangat penting karena pada proses polishing permukaan sampel harus mengkilap dan tidak terdapat goresan, hal ini supaya memudahkan pada saat proses metalografi. Selanjutnya faktor lain yang mempengaruhi yaitu pada proses etching dimana pada proses ini dilakukan selama 1 menit supaya mendapatkan hasil struktur mikro yang baik, jelas dan juga tidak terjadi *over etching* yang dapat merusak struktur mikro pada sampel uji tersebut.

4.3 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan Tarik pada suatu logam. Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap sampel dengan memberikan beban tarik pada sampel secara perlahan lahan. Apabila sampel ditarik dengan

beban maka akan terjadi deformasi yang berupa pengecilan pada penampang atau pertambahan panjang. Dapat dilihat pada Gambar 4.8 sampel uji tarik dibawah ini:

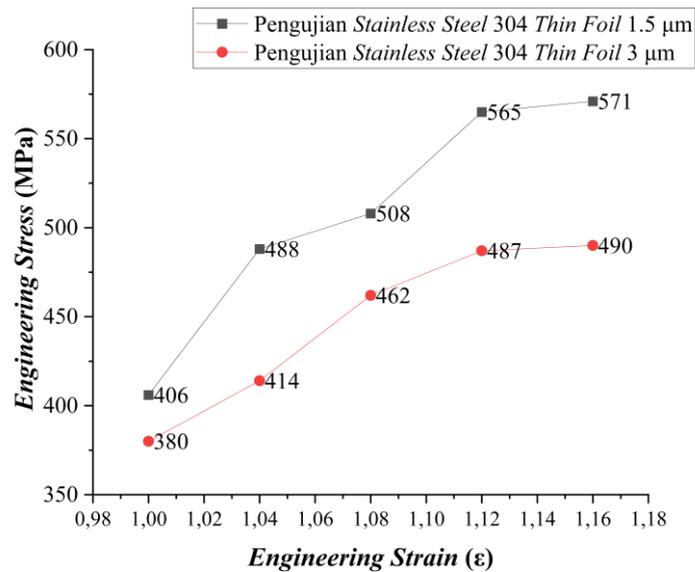


Gambar 4.8 Sampel Uji Tarik

Uji tarik yaitu suatu pengujian di mana gaya tarik atau tegangan diterapkan pada suatu bahan dengan tujuan untuk mengukur atau menentukan kekuatan bahan tersebut. Tegangan tarik yang digunakan merupakan tegangan luar aktual atau perpanjangan aksial benda uji. Pengujian tarik dilakukan dengan cara menarik suatu benda uji dengan gaya tarik terus menerus yang meningkat secara terus menerus dan teratur sampai bahan (perpanjangan) putus, dengan tujuan untuk mengetahui nilai tariknya. Untuk mengukur kuat tarik suatu material yang menerima beban tarik, garis-garis gaya harus berimpit dengan sumbu material agar beban terjadi pada beban tarik lurus [19].

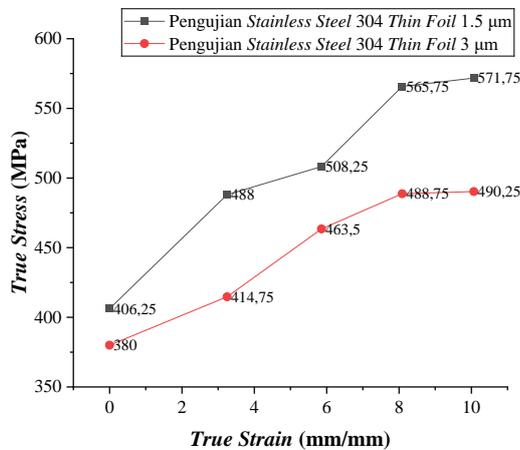
Pengujian kekuatan tarik melibatkan pembebanan material dengan menerapkan gaya reaksi pada material dengan arah menjauhi pusat. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material. Pengujian ini merupakan dasar dari pengujian dan kekuatan material dan oleh karena itu merupakan pengujian yang paling umum dilakukan. Lalu gaya tarik pada suatu bahan mengakibatkan perubahan bentuk bahan (deformasi), yaitu perpindahan butiran kristal bahan

hingga gaya maksimum memutuskan ikatan kristal. Proses deformasi material yang menyebabkan kegagalan dapat ditentukan dengan uji Tarik [19].



Gambar 4.9 Grafik Tegangan – Regangan Teknik *Stainless Steel 304 Thin Foil*

Pada Gambar 4.9 yaitu grafik tegangan-regangan sampel *Stainless Steel 304 Thin Foil*, dimana menggunakan perbedaan variasi ukuran butir (*grain size*) yang digunakan dalam penelitian ini. Pada sampel *Stainless Steel 304 thin foil* dengan *grain size* 1,5 memiliki nilai *engineering stress* terkecil yaitu 406 MPa, lalu pada nilai *engineering strain* nya memiliki nilai sebesar 1. Kemudian memiliki nilai tertinggi yaitu 571 MPa, lalu pada nilai *engineering strain* nya memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 1,16. Sedangkan pada sampel dengan ukuran butir 3 memiliki nilai *engineering stress* terkecil sebesar 380 MPa, kemudian pada nilai *engineering strain* memiliki nilai sebesar 1, sedangkan nilai tertinggi yaitu 490 MPa, lalu pada nilai *engineering strain* memiliki nilai tertinggi sebesar 1,16.

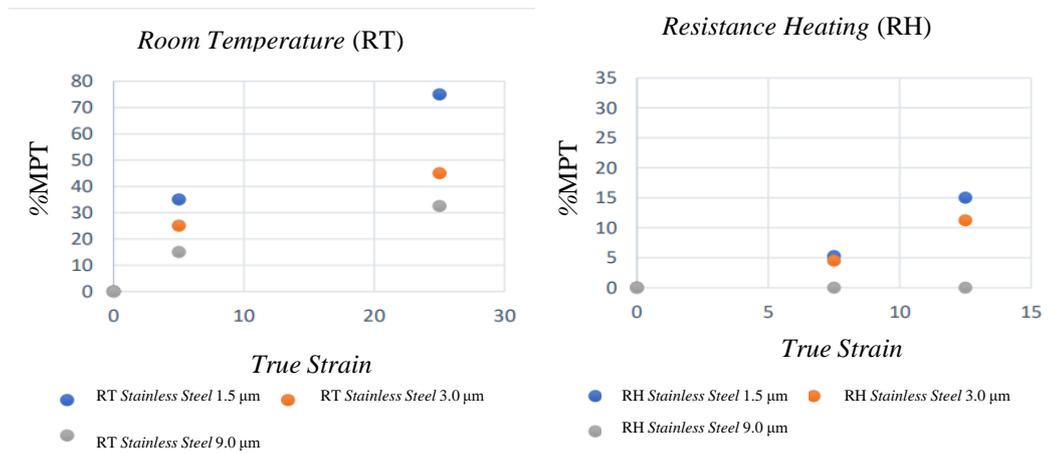


Gambar 4.10 Grafik *True Stress - True Strain* Stainless Steel 304 Thin Foil

Pada Gambar 4.10 yaitu grafik tegangan - regangan sesungguhnya pada sampel *Stainless Steel 304 Thin Foil*, dimana menggunakan perbedaan variasi ukuran butir (*grain size*) yang digunakan dalam penelitian ini. Pada sampel *Stainless Steel 304 thin foil* dengan *grain size* 1,5 memiliki nilai *true stress* terkecil yaitu 406 MPa, lalu pada nilai *true strain* nya memiliki nilai sebesar 1,0. Kemudian memiliki nilai tertinggi yaitu 571 MPa, lalu pada *nilai true strain* nya memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 10,07. Sedangkan pada sampel dengan ukuran butir 3 memiliki nilai *true stress* terkecil sebesar 380 MPa, kemudian pada nilai *true strain* memiliki nilai sebesar 1,0 sedangkan nilai tertinggi yaitu 490,25 MPa, lalu pada nilai *true strain* memiliki nilai tertinggi sebesar 10,07.

Pada variasi ukuran butir yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu SUS 304 thin foil terdapat dua jenis variasi yakni 1.5 μm dan 3 μm. Kemudian pada martensit dengan ukuran butir 1.5 μm memiliki distribusi yang seragam dan juga

memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Sedangkan pada ukuran butir 3 μm distribusinya tidak merata sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah.



a. MPT Pada Temperatur kamar

b. MPT Pada Temperatur Tinggi

Gambar 4.11 Fraksi volume MPT dengan regangan sebenarnya

Selanjutnya untuk perbandingan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan literatur yang menjelaskan bahwa pada Gambar 4.11 Karakteristik kekasaran permukaan pada suhu tinggi dibandingkan pada suhu kamar. Dimana MPT tidak terdapat pada butiran kasar *stainless steel 304 thin foil*, namun terjadi pada butiran halus *stainless steel 304 thin foil*. Namun, fraksi volumenya jauh lebih kecil dibandingkan pada suhu kamar. Maka kekuatan partikel seragam mikropartikel setelah pemanasan lebih rendah dibandingkan pada suhu kamar dan kekasaran permukaan akan meningkat dibandingkan pada suhu kamar. Sehingga pada suhu kamar kekuatan butir dari *stainless steel 304 thin foil* ini tidak seragam, namun jika dibandingkan pada suhu tinggi, kekuatan butir akan seragam” [21].

Distribusi suhu yang tidak merata, yang 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 [19].

Sementara itu, plastisitas logam dapat ditingkatkan secara signifikan dengan pengerjaan panas. Dengan meningkatnya suhu, mobilitas dislokasi akan meningkat, sehingga akan terjadinya deformasi plastis pada paduan yang sulit diubah bentuknya pada suhu kamar. Ketika *austenitic stainless steel* (ASS) mengalami deformasi plastis, transformasi martensit terjadi di dalam ASS. Fraksi volume fasa martensit (Mf) meningkat sebanding dengan peningkatan deformasi plastis [18].

Sementara itu MPT dapat mengurangi ketangguhan tetapi meningkatkan kekuatan pada ASS. Sehingga *austenitic stainless steel* (ASS) memiliki fase austenitik kubik berpusat muka/*face centered cubic* (FCC) pada suhu kamar dan struktur kristal BCT setelah deformasi plastis. Dimana potensi terjadinya ketidakstabilan plastik pada TMF dapat tertunda seiring bertambahnya MPT di ASS. Oleh karena itu, MPT meningkatkan kekuatan dan keuletan ASS, maka terjadinya MPT dipengaruhi oleh komposisi kimia, perpanjangan, dan Dg film tipis ASS. supaya Mf dapat dikontrol dengan deformasi karena deformasi strip baja tahan

karat mempengaruhi M_f . Setelah deformasi plastis, MPT permukaan meningkat dibandingkan dengan MPT internal strip baja tahan karat [24].

Surface roughening yaitu proses pembentukan pada kekasaran permukaan sampel, dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya temperatur, komposisi kimia, dan juga kondisi lingkungan. Kemudian perbandingan *surface roughening* (Ra) rata rata pada penelitian ini antara suhu tinggi dan suhu ruang menunjukkan bahwa pada *surface roughening* akan meningkat signifikan pada suhu tinggi karena kekuatan butir menjadi homogen setelah mengalami proses perlakuan panas (HT) dibandingkan dengan suhu ruang. Peran suhu sangatlah penting terhadap *surface roughening*. Karena pada suhu ruang proses *surface roughening* relative lambat, sedangkan pada suhu tinggi mempercepat proses yang dapat mempengaruhi *surface roughening*.

Berdasarkan hal tersebut, dalam pembentukan mikro sifat mampu bentuk akan menurun dan pengasaran permukaan salah satu faktor yang paling berpengaruh pada hasil mampu bentuk. *Formability* merupakan parameter penting untuk berbagai aplikasi industri seperti, pembuatan pesawat terbang, pembuatan mobil dan juga pada aplikasi elektronik. Kemampuan suatu material untuk mengubah bentuknya tanpa retak atau robek. Pada penelitian kali ini menggunakan jenis logam SUS 304 *thin foil* yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena memiliki kekuatan, ketahanan korosi, dan kemampuan bentuk yang baik. Dengan demikian apabila nilai *surface roughening* (Ra) meningkat maka nilai *formability* tidak bagus, sedangkan apabila nilai *surface roughening* (Ra) menurun maka nilai *formability* bagus.

Berdasarkan hal tersebut karena tingginya kandungan kromium sebagai penstabil ferit dan unsur karbon sebagai unsur martensit. Maka *martensitic phase transformation* (MPT) hanya terdapat pada foil logam tipis SUS 304 yang mengandung partikel halus dan kasar. Kromium merupakan senyawa karbida yang meningkatkan kekuatan partikel untuk foil logam tipis SUS 304, kekasaran permukaan meningkat secara proporsional pada butiran kasar karena persimpangan pita selip yang lebih rendah. Hal ini menghasilkan MPT dan Mf partikel kasar yang lebih rendah dibandingkan dengan partikel halus, dimana perpotongan pita selip lebih besar pada butiran halus dibandingkan butiran kasar. Akibatnya, peningkatan MPT lebih besar pada butiran halus dibandingkan butiran kasar [15].