

SKRIPSI

**PENGARUH TINGKAT DEFORMASI DAN LUBRIKASI
TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN DAN
MIKROSTRUKTUR PADA PROSES PENARIKAN
ALUMINIUM 6061**

Disusun dan diajukan oleh:

**YASRIL MAHYUDDIN
D021181314**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**PENGARUH TINGKAT DEFORMASI DAN LUBRIKASI
TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN DAN
MIKROSTRUKTUR PADA PROSES PENARIKAN
ALUMINIUM 6061**

Disusun dan diajukan oleh:

**YASRIL MAHYUDDIN
D021181314**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGARUH TINGKAT DEFORMASI DAN LUBRIKASI
TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN DAN MIKROSTRUKTUR
PADA PROSES PENARIKAN ALUMINIUM 6061**

Disusun dan diajukan oleh

Yasril Mahyuddin
D021181314

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 21 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Hairul Arsyad ST., MT
NIP. 19750322 200212 1 001



Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma ST., MT
NIP. 19740415 199903 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yasril Mahyuddin

Nim : D021181314

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengaruh Tingkat Deformasi dan Lubrikasi Terhadap Kualitas Permukaan dan
Mikrostruktur pada Proses Penarikan Aluminium 6061

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 21 Maret 2023

Yang Menyatakan



Yasril Mahyuddin

ABSTRAK

Yasril Mahyuddin (D021181314). *Pengaruh Tingkat Deformasi dan Lubrikasi Terhadap Kualitas Permukaan dan Mikrostruktur Pada Proses Penarikan Aluminium 6061*. (dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, ST., MT., dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT.)

Proses penarikan batang logam merupakan salah satu cara proses pembentukan logam, logam direduksi dengan cara ditarik melewati cetakan terbuka dengan menggunakan mesin tarik. Tujuan pada penelitian untuk menganalisis pengaruh tingkat deformasi dan lubrikasi terhadap kualitas permukaan dan mikrostruktur pada Aluminium 6061. Pada penelitian ini tingkat deformasi divariasikan dengan menggunakan diameter batang AL 6061 yang berbeda-beda. Kondisi penarikan divariasikan dengan lubrikasi dan tanpa lubrikasi. Diameter aluminium 6061 yang digunakan adalah 8,4 mm; 8,5 mm; 8,6 mm; dan 8,7 mm dengan diameter cetakan sebesar 8 mm. Lubrikasi yang digunakan adalah oli mesran SAE 40. Kecepatan penarikan dilakukan pada 2 mm/menit.

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekerasan yang paling tinggi pada diameter 8,7 mm menggunakan pelumas yaitu 104,2 HV dan nilai kekerasan yang tinggi tanpa pelumas yaitu pada diameter 8,7 mm dengan nilai kekerasan yang dihasilkan sebesar 101,2 HV. Dari hasil penarikan aluminium 6061 dengan diameter yang bervariasi diperoleh bahwa perbedaan diameter awal berkontribusi signifikan pada tingkat kekerasan demikian pula dengan penggunaan lubrikasi yang memiliki tingkat kekerasan lebih tinggi dibanding tanpa lubrikasi. Berdasarkan pengukuran nilai kekasaran diperoleh peningkatan kekasaran permukaan dengan naiknya diameter penarikan. Sementara itu penggunaan lubrikasi ternyata memberikan efek negatif pada kekasaran permukaan. Cacat permukaan yang muncul setelah proses ekstrusi dimana pada kondisi pelumasan tonjolan permukaan dan pori-pori tidak terlihat jelas apabila dibandingkan dengan cacat yang muncul pada spesimen tanpa pelumas. Pengujian struktur mikro aluminium 6061 semakin besar diameter yang digunakan maka akan memperoleh fasa Mg_2Si semakin banyak dan semakin lebar pada permukaan.

Kata Kunci: Penarikan batang logam, Aluminium 6061, deformasi, lubrikasi kekasaran, kekerasan, cacat permukaan, dan Mikrostruktur.

ABSTRACT

Yasril Mahyuddin (D021181314). *The Effect of Deformation and Lubrication Levels Towards Surface Quality and Microstructure on Drawing Process of Aluminium 6061*. (supervised by Dr. Hairul Arsyad, ST., MT and Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT.)

The process of drawing metal rods is one of metal forming processes, metal is reduced by pulling out through an open mold. The purpose of research is to analyze the effect of deformation and lubrication levels towards surface quality and microstructure on aluminium 6061. In this study the degree of deformation was varied using different diameters of the Al 6061 rod. Drawing conditions varied with lubrication and without lubrication. The diameter of the 6061 aluminium used is 8.4 mm; 8.5mm; 8.6mm; and 8.7 mm with diameter hole of dies is 8 mm. The lubrication used is SAE 40 oil. The drawing speed is carried out at 2 mm/minute.

From the test results we obtained the highest hardness value on rod drawing using lubricant are diameter 8,7 mm which is 104,2 HV and the highest hardness value without lubricant are diameter 8,7 mm with the value of 101,2 HV. Aluminium 6061 rod drawing using varied diameter we obtained that the initial diameter difference contributes significantly on hardness level as well as the use of lubrication that has higher hardness levels compare to the one without lubrication. Based on the measurement of roughness, obtained increased surface roughness with the rise of rod drawing diameter. Meanwhile, the use of lubrication turned out giving negative effects on surface roughness. Surface defects that appear after the extrusion process where is on condition of lubricating the surface, bulge and pores are not visible compared to defects that appears on specimens without lubricant. Aluminium 6061 microstructure test, the larger the diameter used will get Mg₂Si phase the more and the wider on the surface.

Keyword: Metal rods drawing, Aluminium 6061, Deformation, Lubrication, Roughness, Hardness, Surface defects and Microstructure.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deformasi	5
2.2 Mekanisme Pengerasan Regangan	6
2.3 Klasifikasi Berdasarkan Suhu Pengerjaan Logam	8
2.4 Penarikan Batang Logam	10
2.5 Analisis Penarikan	11
2.6 Lubrikasi (Pelumas)	12
2.7 Cacat Permukaan	14
2.8 Aluminium 6061	16
2.9 Cetakan	17
2.10 Kekerasan Permukaan	19
2.11 Pengujian Sifat Mekanik dan Mikrostruktur	22
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1 Alat Yang Digunakan	27
3.2.2 Bahan Penelitian	29
3.3 <i>Flow Chart</i> Penelitian	31
3.4 Prosedur Penelitian	32
3.4.1 Tahap Penelitian	32
3.4.2 Pelaksanaan Pengujian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data Hasil Penarikan Aluminium 6061	36
4.2 Pengujian Cacat Permukaan dan Kekasaran Permukaan	37
4.2.1 Pengujian Cacat Permukaan	37
4.2.2 Pengujian Kekasaran	39
4.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Aluminium 6061	41
4.4 Pengujian Mikrostruktur Aluminium 6061	45
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA50
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kurva <i>strain hardening</i>	6
Gambar 2 Mekanisme terjadinya pengerasan regangan	7
Gambar 3 Pengaruh deformasi terhadap sifat mekanik bahan logam.....	8
Gambar 4 Diagram fasa aluminium	9
Gambar 5 Proses Pembentukan Logam Teknologi <i>Wire Drawing</i>	10
Gambar 6 Spesimen logam yang akan terdeformasi.....	11
Gambar 7 Gaya yang bekerja pada cetakan kerucut	11
Gambar 8 Oli.....	13
Gambar 9 Goresan Permukaan.....	14
Gambar 10 Pecahan permukaan.....	15
Gambar 11 Pori-Pori Permukaan	15
Gambar 12 Tonjolan Permukaan	16
Gambar 13 Cetakan.....	18
Gambar 14 <i>Surface Texture Features</i>	20
Gambar 15 Kurva Kekasaran.....	20
Gambar 16 Geometri Indentor Brinell	23
Gambar 17 Geometri Indentor <i>Vickers</i>	24
Gambar 18 Jejak Hasil Penekanan Indentor	24
Gambar 19 Indentor <i>Rockwell</i>	25
Gambar 20 Mikroskop optik untuk logam	26
Gambar 21 Mesin Bubut	27
Gambar 22 Gergaji Besi.....	27
Gambar 23 Alat Pengukur.....	28
Gambar 24 Mikroskop Optik Untuk Logam.....	28
Gambar 25 Mesin Tensile	29
Gambar 26 Jangka Sorong	29
Gambar 27 Aluminium 6061	29
Gambar 28 <i>As Stainless Steel</i>	30
Gambar 29 Pelumas (Oli).....	30
Gambar 30 Larutan Etsa.....	30
Gambar 31 <i>Flow Chart</i> Penelitian	31
Gambar 32 Desain Benda Kerja.....	32
Gambar 33 Desain Cetakan Penarikan.....	33
Gambar 34 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	34
Gambar 35 Proses Penarikan Batang Aluminium 6061.....	35
Gambar 36 Grafik Hasil Penarikan	37
Gambar 37 Cacat muncul setelah penarikan variasi diameter kondisi pelumas dan tanpa menggunakan pelumas.	38
Gambar 38 Proses pengamatan pengujian kekasaran	39
Gambar 39 Grafik hubungan diameter awal sampel terhadap nilai kekasaran permukaan untuk kondisi pelumasan dan tanpa pelumasan.....	40
Gambar 40 Grafik hubungan diameter batang awal dengan nilai kekerasan setelah proses penarikan menggunakan pelumas	42
Gambar 41 Grafik perbandingan nilai kekerasan variasi diameter antara penggunaan pelumas dan tanpa pelumas	43
Gambar 42 Grafik perbandingan nilai kekerasan variasi diameter antara	

	penggunaan pelumas dan tanpa pelumas	44
Gambar 43	Foto mikro permukaan aluminium tanpa penarikan	46
Gambar 44	Foto mikro permukaan aluminium hasil penarikan dengan variasi diameter dan kondisi pada saat proses penarikan menggunakan pelumas dan tanpa pelumas pembesaran 200x	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik Oli Mesran SAE	14
Tabel 2 Spesifikasi Aluminium 6061	17
Tabel 3 Nilai kekuatan tarik penarikan batang aluminium 6061	36
Tabel 4 Data hasil penarikan	36
Tabel 5 Data Hasil Pengujian Kekasaran	39
Tabel 6 Nilai kekerasan Aluminium 6061 varias diameter pada proses penarikan menggunakan pelumas	41
Tabel 7 Nilai kekerasan hasil penarikan variasi diameter pada proses penarikan tanpa pelumas	42
Tabel 8 Tabel perbandingan nilai kekerasan variasi diameter antara penggunaan pelumas dan tanpa pelumas	43

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Pengasih atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini dengan baik yang dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam tidak lupa kami hanturkan kepada baginda Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam. Nabi sang Revolusioner islam pembawa panji-panji kebenaran, pembawa cahaya ilmu pengetahuan yang terus berkembang hingga kita merasakan nikmatnya hidup zaman ini.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai Pengaruh Tingkat Deformasi dan Lubrikasi Terhadap Kualitas Permukaan dan Mikrostruktur Pada Proses Penarikan Batang Aluminium 6061. Sebagai bentuk syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulisan skripsi ini, penulis tentu tak lepas dari pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lepas dari hambatan. Namun, semua itu merupakan proses yang harus dilalui, menjadikan penulis sebagai bentuk pelajaran dan pengalaman selama melaksanakan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ayah H. Mahyuddin dan ibu tercinta Hj. Mardawati dan juga kepada saudara saya yang baik telah membantu, memberi nasehat, motivasi dan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
2. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
5. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Tim peneliti Penarikan Batang Aluminium 6061 Rifki Adira M'18 dan Gusti M'19
7. Seluruh teman-teman asisten Lab Metalurgi Fisik Nadya, Gabriel, Ai, Irvin, Afifi, Fahrul, Liant, Rijal, Fatawy, Samhi dan Arif
8. Rahmat Ramadan, ST terima kasih telah membantu, memberikan semangat dan kebersamaan penulis selama menempuh pendidikan
9. Sahabat REACTOR18, sebagai teman seperjuangan mulai dari mahasiswa baru sampai sekarang.
10. KMP-UNHAS (Kerukunan Mahasiswa Pinrang) yang penulis jadikan rumah awal berproses sejak di bumi perantauan, terima kasih sudah menjadi rumah tempat berpulang, pinrang kecil untuk kita mahasiswa perantau di Asal Mula B8 No. 10. terkhusus pada kakanda senior KMP-UNHAS dan adik-adik angkatan 2019, 2020 (Sawir, Mamat, Olbes, Fian, Calu, Sirat, Parri, Farid, Ayu, Riska, Ija, Wilce, dan Nom) 2021 (Ansar, Adri, Uga, Ilham, Aan, Firman, Edi, Muti, Liska, Sri, Ayu, Fitra, dan Fitri) dan angkatan 2022 (Multazam,

Rafli, Adrian, Isdandi, Imam, Akhtar, Dandi, Rendy, Fajry, Amel, Cikka, Nabila, Asma, Ana, Husnul dan Alya) dan untuk teman-teman yang tidak dapat saya sebut satu persatu.

11. Teman-teman angkatan 2018 KMP-UNHAS (Keni, Irma, Dewi, Pirda, Sukma, Imran, Hery, Fatul, Icca, Akram)
12. Nur Syafika selaku orang yang selalu mendukung, membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini saya mengucapkan banyak terima kasih. Terima kasih juga telah menjadi teman cerita, berbagi keluh kesah, berbagi kebahagiaan, dan segala kebaikan.

Demikian, penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca maupun bagi penulis

Gowa, 21 Maret 2023

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses penarikan logam merupakan proses pembentukan logam dimana logam direduksi penampangnya dengan cara ditarik melewati cetakan dengan menggunakan mesin tarik. Gesekan antara logam dan cetakan (*die*) menyebabkan penurunan kualitas permukaan logam, pada proses penarikan logam memiliki beberapa faktor bahwa proses ini sangat perlu menggunakan pelumas pada saat proses penarikan berlangsung antara logam dan cetakan guna mengurangi beban yang diperlukan dan mengurangi pengaruh penurunan kualitas permukaan (Essam K, dkk, 2020).

Dalam proses penarikan, diameter logam direduksi dengan menarik logam melalui cetakan. Variable utama dalam proses penarikan logam termasuk rasio reduksi, sudut mati, gesekan pada logam dengan cetakan (*die*), dan kecepatan pada saat proses penarikan. Deformasi plastis dari logam dan panas yang dihasilkan karena gesekan antara logam dan cetakan (*die*) meningkatkan suhu pada cetakan. Peningkatan produktivitas mengakibatkan kesulitan dalam pembuatan produk yang ditarik dengan diameter yang ditentukan karena ekspansi termal yang tidak terkendali dari cetakan (Changsun Kim, dkk, 2012).

Penarikan logam mempengaruhi sifat mekanik dari logam yaitu regangan dan kekuatan tariknya, persentase nilai perubahan sifat belum banyak yang mengetahui. Penarikan logam mampu menunjukkan perubahan sifat tersebut dan parameter yang mempengaruhi sifat tersebut adalah sudut cetakan, temperatur dan jenis logam yang ditarik. Saat proses penarikan logam melalui cetakan terjadi deformasi plastis pada logam tersebut hanya terjadi ketika tegangan yang diterapkan melebihi tegangan luluh dan kurang dari kekuatan patah pada logam. Untuk proses penarikan logam dikatakan berhasil, tegangan tarik tidak boleh melebihi tegangan aliran. Jika komposisi bahan tidak seragam rongga atau inklusi terak ada dalam logam, maka kekuatan patah tidak pasti dan menyebabkan patah pada batang logam pada saat proses penarikan. Gesekan mempunyai peran penting pada saat proses penarikan logam dengan mengacu pada cacat permukaan dan kerusakan logam berikutnya. Dengan nilai koefisien gesekan yang sangat tinggi,

pelekatan material logam mati menyebabkan cacat pada permukaan logam (Moharana, dkk, 2017).

Fellah, L, dkk meneliti tentang pengaruh deformasi pada proses penarikan batang tembaga, menunjukkan evolusi resistansi listrik sebagai fungsi dari regangan, dari batang tembaga yang ditarik meningkatkan pengurangan luas penampang. Faktanya deformasi plastis logam tembaga dengan penarikan dingin menyebabkan berbagai jenis cacat batas butir, dislokasi, dan kekosongan. Terjadi ketidaksempurnaan ini menghasilkan penurunan kualitas permukaan pada material (Fellah, L, 2018).

Aluminium adalah logam non ferro yang memiliki beberapa kelebihan, yaitu memiliki berat jenis yang ringan, tahan terhadap korosi, dan hantaran listrik yang baik. Aluminium merupakan unsur logam yang terbanyak di bumi. Berat jenis aluminium sekitar $2,7 \text{ kg/dm}^3$ dan memiliki titik lebur 600°C . Aluminium banyak digunakan dalam berbagai aplikasi untuk peralatan rumah tangga, konstruksi, dan komponen-komponen otomotif (Aziz, 2012).

Berdasarkan penelitian mengenai penarikan logam ada beberapa yang memiliki pengaruh yang cukup kuat terhadap sifat mekanik logam dari hasil penarikan yaitu, gaya penarikan, desain cetakan, dan kecepatan penarikan, komposisi dan karakteristik logam, dan pelumas. Pengaruh sudut cetakan terhadap pengerjaan penarikan logam adalah penggunaan sudut cetakan semakin besar, akan memperbesar produksi hasil penarikan dan juga memperbesar jumlah kerusakan pada saat proses produksi. Kecepatan penarikan pada proses ini juga berpengaruh terhadap sifat mekanik logam (Firman, dkk, 2013).

Pelumas sangat penting pada saat proses penarikan logam karena fungsi pelumas sebagai media pendingin yang membantu mengurangi suhu pada cetakan sehingga dapat memperpanjang umur cetakan. Ada beberapa variable yang mempengaruhi umur cetakan pada saat proses penarikan adalah tekanan dan suhu. Suhu adalah faktor yang jauh lebih kritis dalam mengendalikan umur cetakan. Tingkat deformasi dapat meningkatkan suhu penarikan sehingga berdampak pada stabilitas kinerja pelumas (Chiwuda AC, 2013).

Penelitian kali ini bermaksud meneliti tingkat deformasi yang terjadi pada proses penarikan aluminium dengan menggunakan pelumas, material yang

digunakan adalah aluminium 6061. Proses penarikan yang menggunakan cetakan berdiameter 8 mm dan diameter aluminium 6061 yang bervariasi digunakan akan mengetahui tingkat deformasi dan pengaruh pelumas terhadap permukaan dan mikrostruktur dengan menggunakan proses penarikan.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis bermaksud meneliti dengan judul penelitian: **“PENGARUH TINGKAT DEFORMASI DAN LUBRIKASI TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN DAN MIKROSTRUKTUR PADA PROSES PENARIKAN ALUMINIUM 6061”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tingkat deformasi pada proses penarikan aluminium 6061 terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan?
2. Bagaimana pengaruh pelumasan pada proses penarikan aluminium 6061 dengan tingkat deformasi yang berbeda terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan?
3. Bagaimana pengaruh tingkat deformasi dan pelumasan pada proses penarikan aluminium 6061 terhadap panjang spesimen dan cacat permukaan?
4. Bagaimana perubahan mikrostruktur yang terjadi pada proses penarikan aluminium 6061 akibat pengaruh deformasi dan pelumasan?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh tingkat deformasi pada proses penarikan aluminium 6061 terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan.
2. Menganalisis pengaruh pelumasan pada proses penarikan aluminium 6061 dengan tingkat deformasi yang berbeda terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan.
3. Menganalisis pengaruh tingkat deformasi dan pelumasan pada proses penarikan aluminium 6061 terhadap panjang spesimen dan cacat permukaan.
4. Menganalisis perubahan mikrostruktur yang terjadi pada proses penarikan aluminium 6061 akibat pengaruh deformasi dan pelumasan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah Aluminium 6061 dengan diameter 8,4 mm, 8,5 mm, 8,6 mm dan 8,7 mm dengan panjang 15 cm.
2. Material cetakan yang digunakan adalah *Stainless Steel* dengan ukuran diameter cetakan (*die*) yang digunakan pada saat proses penarikan batang logam menggunakan diameter 8 mm.
3. Pelumas yang digunakan yaitu oli.
4. Hasil yang akan diperoleh kekasaran permukaan, kekerasan permukaan, mikrostruktur, dan cacat permukaan.
5. Kecepatan penarikan 2 mm per menit.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan manfaat bagi teman-teman mahasiswa sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.
2. Memberikan pengetahuan tentang tingkat deformansi dan lubrikasi terhadap kualitas permukaan pada proses penarikan aluminium 6061.
3. Sebagai bentuk pengaplikasian ilmu pengetahuan yang dimiliki dalam bidang material.
4. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar S1 program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deformasi

Deformasi adalah perubahan pada suatu material, baik pada perubahan dimensi maupun pada perubahan struktur akibat beban dari luar. Beban itu bisa juga berupa beban mekanis, maupun proses fisika-kimia, perubahan yang terjadi pada material dapat juga berupa pemuaian maupun pengkerutan. Perubahan ini di mulai dari perubahan struktur dari dalam material sebelum pada akhirnya akan berdampak pada perubahan dimensi material. Bisa diartikan juga, perubahan bentuk dimensi ini tergantung dari perubahan struktur material. Jika perubahan struktur dari material itu teratur, maka secara umum perubahan dimensi material juga akan ikut secara teratur. Namun, tidak selamanya perubahan struktur pada material terjadi dengan teratur sehingga mengakibatkan perubahan dimensi yang tidak teratur pula (Taufik Akbar & Budie Sentosa, 2012).

Pada struktur logam deformasi itu dapat terjadi bila di mulai dari struktur kristal yang dapat berubah bentuk dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Yang mana tujuannya adalah untuk mengurangi dampak dari batas butir dan juga untuk mengurangi kerumitan dalam pembahasan selanjutnya akan di khususkan pada deformasi kristal tunggal. Adapun deformasi pada fasa tunggal berdasarkan prosesnya meliputi deformasi Elastis dan Plastis (Taufik Akbar & Budie Sentosa, 2012).

Pada saat proses penarikan batang logam berlangsung yang akan terjadi adalah deformasi plastis pada material. Diameter material logam diubah dengan mengikuti diameter cetakan (*Dies*) yang di tentukan. Ada dua jenis deformasi yaitu:

1. Deformasi Plastis

Deformasi plastis merupakan proses perubahan bentuk pada benda, yang mana ketika benda tersebut di berikan gaya, tekanan, dan beban maka perubahan bentuk pada benda tersebut akan berubah secara permanen. Meskipun sesuatu yang mempengaruhi perubahan bentuk tersebut di hilangkan. Dengan demikian, proses deformasi atau proses pembentukan logam adalah proses yang mempunyai tujuan untuk mengubah bentuk suatu material dengan menggunakan cetakan. Adapun perubahan bentuk pada logam atau material itu tergantung pada besar kecilnya geometri cetakan (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2019)

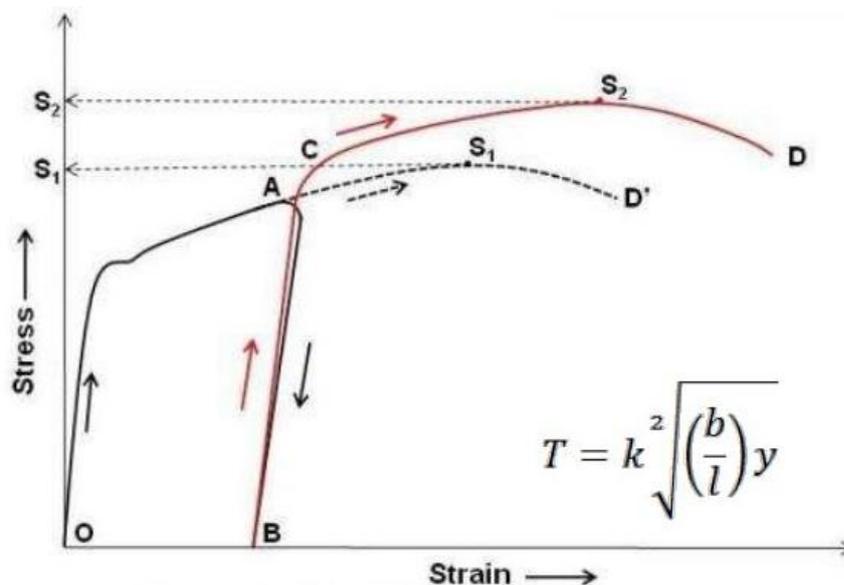
2. Deformasi Elastis

Deformasi Elastis adalah proses perubahan bentuk pada benda dikarenakan adanya gaya, tekanan, dan beban. Setelah terjadinya perubahan bentuk maka benda tersebut akan kembali ke bentuk semula saat gaya, tekanan, dan beban di hilangkan.

2.2 Mekanisme Pengerasan Regangan

Pengerasan regangan (strain hardening) adalah gejala meningkatnya kekuatan dan kekerasan logam akibat regangan atau pengerjaan dingin yang dialaminya. Selama regangan berlangsung, selain terjadi pergerakan dislokasi juga terjadi peningkatan jumlah dislokasi. Bila suatu logam berdeformasi secara plastis, maka tegangan geser yang diperlukan untuk menghasilkan slip akan bertambah besar sejalan dengan bertambahnya regangan geser.

Mekanisme pengerasan regangan logam merupakan hubungan antara pergerakan dislokasi dan sifat mekanik dari logam. Kemampuan suatu material logam untuk diubah secara plastis tergantung pada kemampuan dislokasi untuk dapat bergerak. Dengan mengurangi pergerakan dislokasi, kekuatan mekanik dapat ditingkatkan, dimana disebabkan energi mekanik yang dibutuhkan untuk membuat deformasi plastis akan semakin besar. Sebaliknya apabila pergerakan dislokasi tidak ada yang menahan, logam akan lebih mudah untuk terdeformasi. Secara umum mekanisme penguatan yang digunakan pada material logam adalah melalui pengerasan regang, penguatan larutan padat, penguatan presipitasi, dan penguatan batas butir.

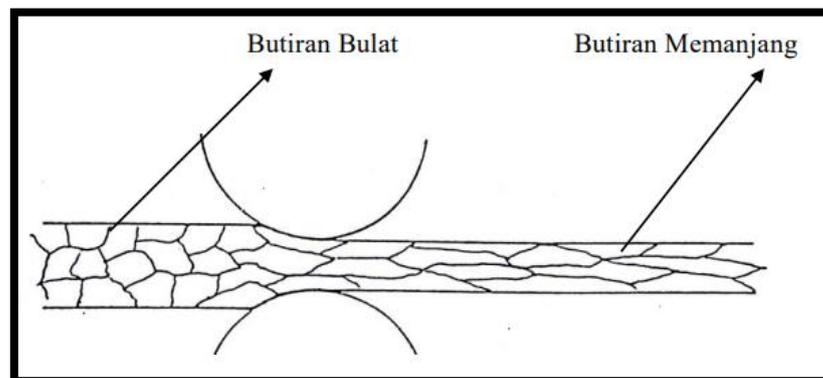


Gambar 1 Kurva *Strain Hardening*

Pada kurva dapat kita lihat bahwa sebuah benda dibebani dari titik O di luar batas lelehnya (hingga mencapai zona plastis) dan dengan demikian berubah bentuk secara plastis. Dan setelah itu material tidak terbebani. Jadi saat material tidak dibebani, material akan mengikuti lintasan yang sejajar dengan garis lurus sebelumnya yang menyatakan batas elastis material tidak berubah setelah material mengalami deformasi plastis.

Setelah spesimen tidak dibebani, kita dapat melihat bahwa ada regangan permanen sebesar O-B. Dengan demikian memperkuat fakta bahwa suatu bahan tidak pernah mencapai ukuran dan bentuk aslinya setelah mengalami deformasi di luar titik luluh. Dan begitu kita mulai memuat ulang material dari titik B, kita dapat dengan mudah mengamati bahwa garis elastis material sekarang telah berubah dan memanjang dibandingkan dengan yang sebelumnya tetapi mempertahankan kemiringan yang sama.

Pengerasan regangan juga terjadi secara termal dan pada tingkat yang jauh lebih sensitif dimana ketergantungan suhu dari tegangan alir di sebagian besar perlakuan pengerasan regangan sebagai evolusi adalah kuantitas yang tepat untuk digunakan dalam setiap analisis tegangan alir dimana kerapatan dislokasi adalah variable keadaan eksklusif.



Gambar 2 Mekanisme terjadinya pengerasan regangan

Penghalusan butir adalah salah satu cara yang efektif bagi penguatan yang dihasilkan dengan menghalangi pergerakan dislokasi di sekitar batas butir. Dengan mengecilnya ukuran dari butir akan meningkatkan batas butir per unit volume dan mengurangi garis edar bebas dari slip yang berkelanjutan. Pergerakan selanjutnya membutuhkan tegangan yang tinggi untuk membuka atau menghasilkan suatu dislokasi baru pada butir berikutnya.

2.3 Klasifikasi Berdasarkan Suhu Pengerjaan Logam

Agar berhasil dibentuk, logam harus memiliki sifat tertentu. Sifat yang diinginkan termasuk *yield strength* rendah dan keuletan (*ductility*) tinggi. Sifat-sifat ini dipengaruhi oleh suhu. Saat suhu pengerjaan dinaikkan, keuletan akan meningkat dan *yield strength* akan berkurang. Pengaruh suhu menimbulkan perbedaan antara kerja dingin, kerja hangat, dan kerja panas. Laju regangan dan gesekan merupakan faktor tambahan yang mempengaruhi kinerja dalam pembentukan logam.

a. Proses Pengerjaan Dingin

Pengerjaan dingin pada logam merupakan proses deformasi pada yang dilakukan pada temperature di bawah temperature rekristalisasi, dimana proses pengerjaan dingin ini dilakukan di suhu ruangan tanpa melakukan proses pemanasan benda kerja. Pada temperature ini, deformasi akan menyebabkan benda kerja mengalami pengerasan regang dan perubahan struktur butiran. Benda kerja menjadi lebih keras dan kuat dengan Struktur yang mengandung sejumlah regangan. Denda kerja kehilangan sebagian besar keuletannya sehingga menjadi getas.

Peningkatan kekuatan menyebabkan logam menjadi sulit dideformasi lebih lanjut. Dalam keadaan yang ekstrim benda kerja menjadi tidak dapat dibentuk dan menjadi sangat rapuh atau getas. Peningkatan kekuatan pada pengerjaan dingin terkait dengan peningkatan kerapatan dislokasi pada logamnya. Semakin besar deformasi yang diberikan, maka semakin tinggi kerapatan dislokasinya dan semakin keras logam yang dihasilkan.



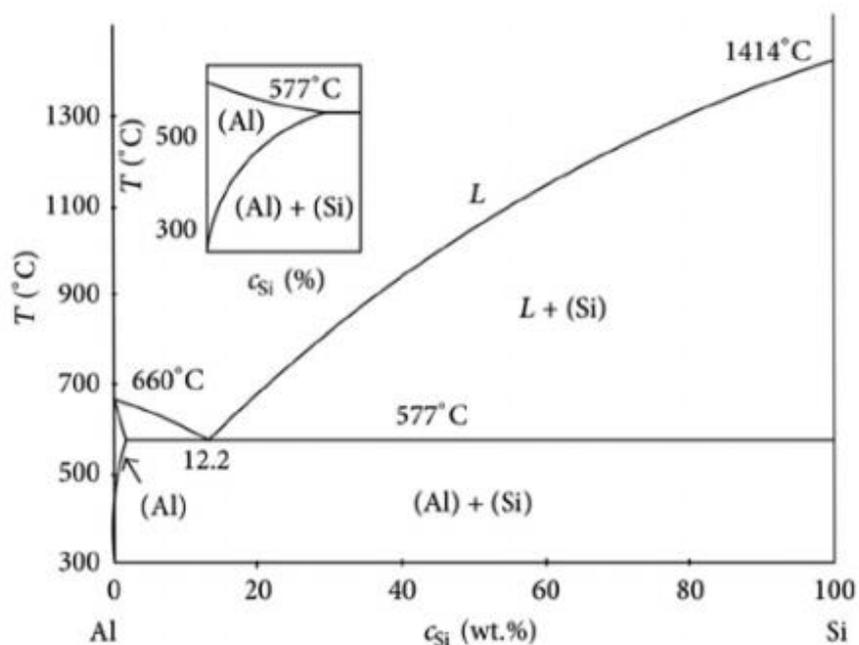
Gambar 3 Pengaruh Deformasi Terhadap Sifat Mekanik Bahan Logam

Pengaruh Pengerjaan Dingin Terhadap Sifat Mekanik Bahan Logam
Perubahan sifat mekanik akibat pengerjaan dingin dapat dilihat pada Gambar

Kekuatan benda kerja meningkat dengan meningkatnya tingkat atau persen pengerjaan dingin. Namun demikian, peningkatan ini diiringi dengan penurunan sifat keuletan benda kerjanya. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja akan menjadi lebih getas setelah proses pengerjaan dingin.

b. Proses Pengerjaan Panas

Aluminium memiliki titik lebur pada suhu 660°C dan suhu kritis pada suhu 577°C , pengerjaan panas logam merupakan deformasi pada logam yang dilakukan pada kondisi temperatur dan laju regangan tertentu sehingga proses deformasi dan proses *recovery* terjadi secara bersamaan. Deformasi dilakukan diatas temperatur rekristalisasi, dimana temperature yang dibutuhkan proses pengerjaan panas yaitu 577°C pada aluminium. Pada temperatur ini, pengerasan regangan dan struktur butir yang terdeformasi akan segera tergantikan dengan struktur baru yang bebas regangan. Struktur baru bebas regangan dumungkinkan karena selama proses deformasi selalu diiringi dengan proses rekristalisasi.



Gambar 4 Diagram fasa aluminium

Perilaku rekristalisasi setelah deformasi telah menunjukkan bahwa, untuk laju regangan konstan, waktu untuk rekristalisasi statis berkurang dengan peningkatan suhu kerja dan penahanan. Untuk pertumbuhan rekristalisasi butiran dalam baja paduan rendah setelah deformasi dengan penempatan dalam kisaran austenite dimana

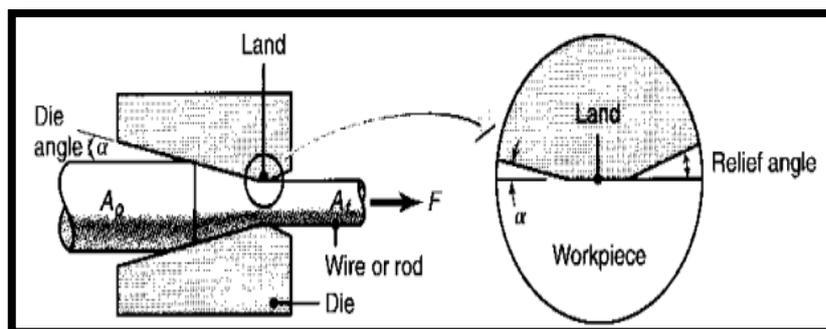
menentukan energi aktivasi 27 kkal/mol untuk rekristalisasi aluminium setelah regangan sejati.

2.4 Penarikan Batang Logam

Penarikan merupakan suatu proses pembentukan logam dengan cara menarik *wire rod* logam Batangan melalui dies atau cetakan oleh gaya tarik yang bekerja pada bagian luar dan ditarik ke arah luar cetakan. Terjadinya aliran plastis pada pembentukan ini disebabkan oleh adanya gaya tekan yang timbul sebagai reaksi dari logam terhadap cetakan.

Pada proses penarikan dilihat dari temperatur kerjanya termasuk kepada proses pengerjaan *cold working* karena dilakukan pada temperatur di bawah temperature rekristalisasi material atau logam tersebut. Pada proses ini terjadi gaya pembentukan secara deformasi plastis sehingga terjadi perubahan bentuk secara permanen. Gaya pembentukan ini berupa tekanan dan tarikan yang terjadi sewaktu benda kerja melewati cetakan

Dalam proses penarikan perlu diketahui gaya penarikan maupun daya penarikan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan material tersebut ketika dilakukan proses penarikan. Diperlukan suatu alat bantu untuk membantu mengetahui gaya dan daya pembentukan tersebut, alat yang digunakan berupa load cell dan weight indicator sebagai alat yang digunakan untuk membantu mempermudah proses penarikan untuk mengetahui gaya dan daya pembentukan logam.



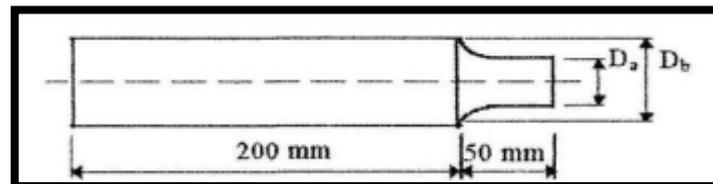
Gambar 5 Proses Pembentukan Logam Teknologi Penarikan (Serope Kalpakjian, dkk, 2009)

Proses yang paling utama dalam penarikan logam mirip dengan proses ekstruksi yaitu, pengurangan luas penampang, sudut cetakan, gesekan sepanjang benda kerja, permukaan, dan kecepatan penarikan. Sudut cetakan mempengaruhi

gaya tarik dan kualitas permukaan logam yang ditarik (Serope Kalpakjian, dkk, 2009).

2.5 Analisis Penarikan

Panjang spesimen ini ditetapkan 15 cm. Bentuk dan ukuran spesimen seperti yang tergambar dibawah ini:



Gambar 6 Spesimen logam yang akan terdeformasi

Keterangan:

D_a = diameter logam setelah dideformasi

D_b = diameter logam sebelum dideformasi

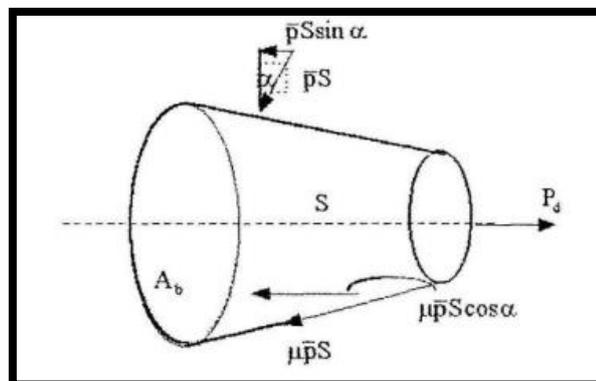
Analisis Penarikan walaupun penarikan logam nampaknya proses pengerjaan logam yang paling sederhana, analisis lengkap yang dapat menentukan gaya tarik dengan ketelitian $\pm 20\%$, merupakan persoalan yang lumayan sulit. Kita akan menggunakan penarikan logam sebagai suatu contoh bagaimana cara membina model untuk mendekati keadaan sebenarnya.

Untuk mengetahui nilai tegangan tarik dengan menggunakan metode energi deformasi seragam dengan menggunakan persamaan:

Persamaan.

$$\sigma_{xa} = \bar{\sigma} \ln \frac{A_b}{A_a} = \sigma_0 \ln \frac{1}{1-r} \quad (1)$$

Persamaan ini tidak hanya mengabaikan gesekan, tetapi juga mengabaikan pengaruh tegangan melintang dan deformasi yang berlebihan.



Gambar 7 Gaya yang bekerja pada cetakan kerucut

Analisis yang hampir sama untuk penarikan telah dilakukan oleh Johnson dan Rowe. Luas permukaan kontak antara dan cetakan adalah:

Persamaan.

$$s = \frac{A_b - A_a}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Dan tekanan normal rata-rata pada luas tersebut adalah p . Gaya yang bekerja dalam arah aksial ditunjukkan pada gambar diatas. Gaya tarik Pd diimbangi oleh komponen horisontal gaya gesekan dan komponen horisontal tekanan normal.

Gaya penarikan yang diberikan akan diteruskan pada setiap bagian dalam cetakan berbentuk gaya normal, gaya geser dan momen lentur. Gaya normal dan momen akan menghasilkan tegangan normal dalam cetakan. Pengukuran tegangan normal yang terjadi dapat dilakukan dengan pemasangan strain gauge pada cetakan *Strain gauge* dipasangkan pada permukaan yang mengalami tegangan normal maksimum supaya sinyal yang dihasilkan dapat maksimum serta dapat mengontrol posisi gagal dari cetakan. Cetakan akan gagal bila mengalami pembebanan di atas daerah deformasi plastis (Dieter,G.E, dkk, 1998)

2.6 Lubrikasi (Pelumas)

Salah satu hal yang perlu diperhatikan tentang pelumasa adalah viskositasnya (kekentalan), sifat ini dimiliki oleh setiap zat cair. Viskositas dari pelumas bervariasi dengan adanya perubahan temperatur, dalam kenyataannya suatu fluida umumnya akan mengalami penurunan nilai viskositas dengan adanya kenaikan temperatur. Setelah temperatur kembali seperti semula atau dingin. Viskositas tidak kembali naik seperti semula, tetapi turun sedikit demi sedikit, sehingga pada akhirnya viskositasnya tidak memenuhi syarat lagi. Perubahan nilai viskositas terhadap kenaikan suhu merupakan suatu hal yang penting untuk dipertimbangkan di dalam berbagai jenis penerapan minyak pelumas (oli).

1. Viskositas

Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam (internal) suatu fluida. Viskositas terdapat pada zat cair maupun gas, dan pada intinya merupakan gaya gesekan antara lapisan-lapisan yang bersisian pada fluida saat lapisan-lapisan tersebut bergerak satu melewati yang lainnya. Pada zat cair, viskositas terutama

disebabkan oleh gaya kohesi antara molekul. Pada gas, viskositas muncul dari tumbukan antar molekul.

2. Minyak Pelumas (Oli)

Oli merupakan media pendingin yang digunakan berdasarkan angka viskositasnya. Minyak pelumas sangat berkaitan erat dengan bahan yang akan dilumasi, fungsi utama menggunakan pelumas yaitu mengurangi gesekan antara cetakan dan spesimen yang ditarik.



Gambar 8 Oli

Sistem klasifikasi ini disusun oleh SAE (*Society Automotive Engineering*), Walaupun sistem kekentalan ini disusun oleh SAE, klasifikasi kekentalan minyak pelumas bukan hanya untuk otomotif, melainkan semua tipe penggunaan minyak pelumas termasuk industri, kapal laut dan pesawat. Viskositas suhu rendah merupakan indikator kemampuan pada saat cuaca awal dingin. Viskositas pada temperatur 100°C adalah saat temperatur operasi normal dari mesin. Minyak tanpa akhiran W disebut dengan monograde karena hanya ada satu kelas SAE. Minyak dengan akhiran W yang merupakan singkatan dari *Winter* disebut *multigrade* yang memiliki kemampuan baik saat mesin masih dingin. Pada saat suhu rendah dibawah 0° C, viskositas dapat rendah pada suhu awal. Minyak multigrade mempunyai indeks viskositas yang lebih tinggi daripada minyak monograde. Minyak pelumas SAE 15W-40 artinya minyak pelumas ini mempunyai indeks viskositas *multigrade* dimana pada suhu rendah dapat bekerja pada temperatur -15°C sampai 20°C dan pada temperatur tinggi dapat bekerja pada temperatur mencapai 150°C (Khafid, 2012)

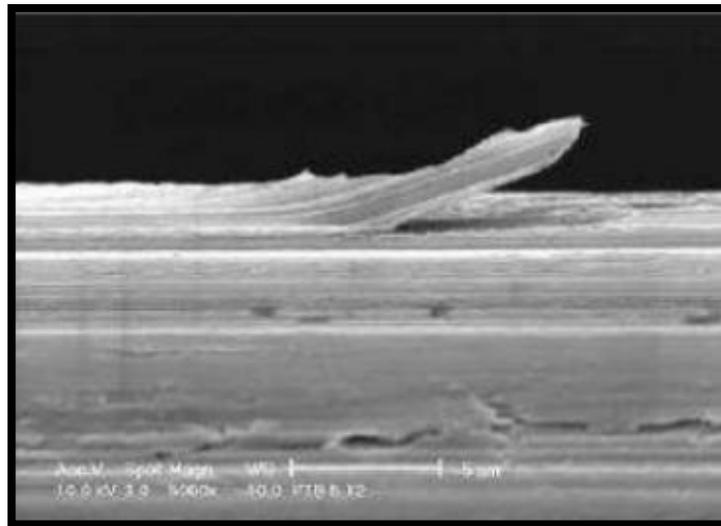
Tabel 1 Karakteristik Oli Mesran SAE (Khafid, 2012)

TYPICAL CHARACTERISTICS						
Characteristics	Test Method	MESRAN 10W	MESRAN 20W	MESRAN 30	MESRAN 40	MESRAN 50
SAE Viscosity Grade		10W	20W	30	40	50
Density 15 °C, kg/l	ASTM D - 4052	0.8832	0.8857	0.8797	0.8931	0.8961
Kinematic Viscosity at 40 °C, cSt	ASTM D - 445	37.7	66.03	88.98	129.8	196.7
	ASTM D - 445	6.24	8.553	10.42	13.46	17.53
Viscosity Index	ASTM D - 2270	113	100	99	98	96
ASTM Colour	ASTM D - 1500	L 4.5	L 2.5	L 3.0	L 3.0	L 3.5
Flash Point °C	ASTM D - 92	230	230	246	251	268
Pour point, °C	ASTM D - 5950	-32	-9	-9	-9	-9
Total Base Number, mg KOH/g	ASTM D - 2896	11.2	5.26	5.35	5.36	5.26

2.7 Cacat Permukaan

Cacat pada material yang ditarik adalah goresan memanjang, goresan terjadi selama operasi pembentukan. Berbagai cacat permukaan lainnya (seperti goresan dan bekas cetakan) untuk pemilihan parameter yang kurang tepat. Pada saat proses penarikan mengalami deformasi yang tidak seragam selama penarikan, logam biasanya memiliki tegangan sisa. Untuk reduksi ringan seperti hanya beberapa persen tegangan sisa permukaan dan umur kelelahan akan meningkat.

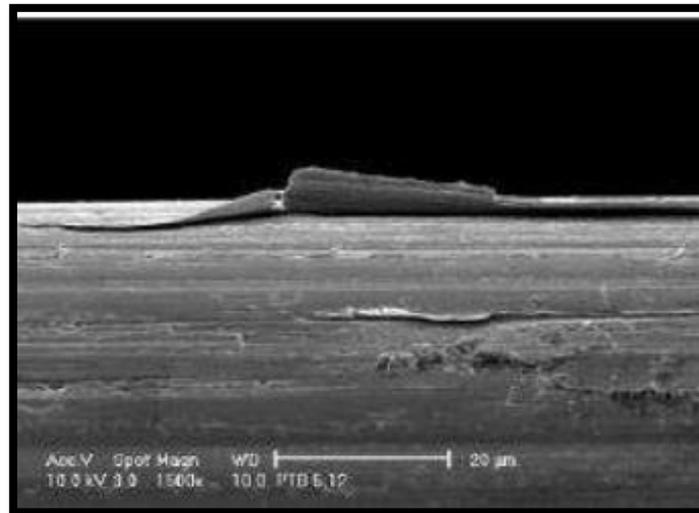
a. Goresan Permukaan



Gambar 9 Goresan Permukaan

Goresan permukaan yang mirip dengan sirip seperti pada gambar 9 pada cacat ini melonggarkan permukaan material yang hanya sebagian terhubung ke permukaan logam. Cacat ini muncul di sepanjang permukaan logam, kemungkinan asal dari cacat ini adalah cacat pada sisi logam sebelum batang logam ditarik, untuk mengurangi cacat pada permukaan ada beberapa langkah-langkah kerja yang menyebabkan material mengurangi cacat pada permukaan.

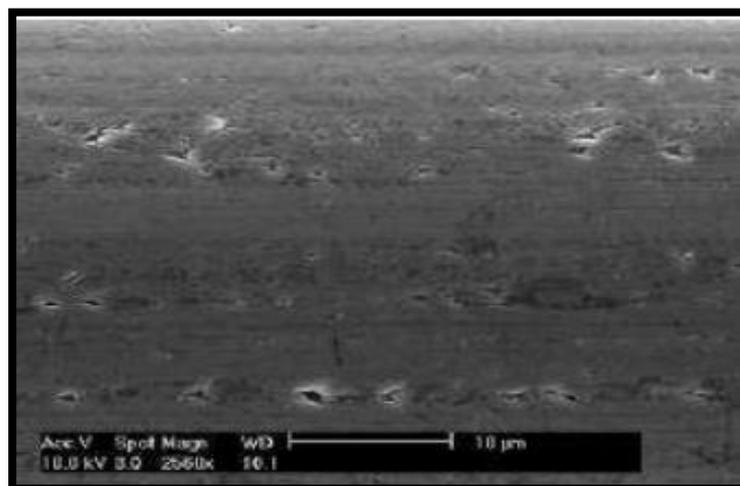
b. Pecahan Permukaan



Gambar 10 Pecahan Permukaan

Pecehan permukaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 merupakan melonggarnya permukaan material yang hanya sebagian terhubung ke permukaan batang logam. Cacat muncul tegak lurus terhadap sumbu logam, yang dihasilkan mungkin pada cacat permukaan logam selama transformasi panas.

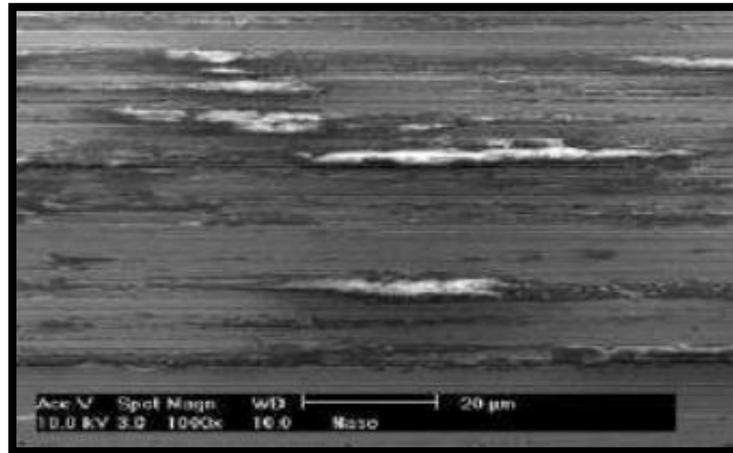
c. Pori-pori Permukaan



Gambar 11 Pori-Pori Permukaan

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 11, pori-pori yang muncul dipermukaan logam yang menimbulkan lubang-lubang kecil di permukaan karena pra-penarikan logam yang tidak tepat. Pori-pori mungkin muncul karena over etching atau korosi pada material apabila tidak tahan terhadap korosi.

d. Tonjolan Permukaan



Gambar 12 Tonjolan Permukaan

Tonjolan pada permukaan batang logam yang sejajar dengan sumbu seperti yang ditunjukkan pada gambar 12, kemungkinan asal dari cacat pada proses penarikan batang logam ini dari permukaan bagian dalam *die* (cetakan) terlalu kasar.

2.8 Aluminium 6061

Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah *Al*, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium bukan merupakan jenis logam berat, tetapi merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga.

Aluminium seri 6061 memiliki unsur paduan aluminium 6061 dengan komposisi Al 96,61Wt %, Cr 0,004 Wt %, Cu 0,15 Wt %, Fe 0,7 Wt %, Mg 1,15 Wt %, Mn 0,15 Wt %, Si 0,8 Wt %, Ti 0,15 Wt %, Zn 0,25 Wt %. Aluminium 6061 merupakan paduan aluminium yang pada umumnya diaplikasikan untuk otomotif maupun alat-alat konstruksi. Paduan aluminium 6061 mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan seperti tahan terhadap korosi, bisa dilaku panas, ketangguhan baik, serta sifat mampu las yang baik, sehingga banyak industri maju menggunakan material ini sebagai bahan utama untuk perancangan alat maupun konstruksi

Aluminium seri 6061 memiliki unsur paduan utama Mg dan bersifat heat treatable atau age-hardenable. Selama age hardening presipitat terbentuk di dalam suatu super saturated solid solution dan kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah dan ukuran presipitat hingga mencapai nilai maksimum, kemudian material over ageing sehingga sifat mekanik beerkurang. Paduan Al-Mg-

Si yang merupakan bagian dari komposisi aluminium seri 6xxx mempunyai kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya. Tetapi sangat liat, sangat baik mampu membentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan lain-lain (Tomoya Aoba, Masakazu Kobayashi, Hiromi Miura. 2017)

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

6061 adalah paduan aluminium yang mengandung magnesium dan silikon sebagai elemen paduan utamanya. Awalnya disebut "Alloy 61S", ini dikembangkan pada tahun 1935. Ini memiliki sifat mekanik yang baik, menunjukkan kemampuan las yang baik, dan sangat umum diekstrusi (kedua dalam popularitas hanya 6063). Ini adalah salah satu paduan aluminium yang paling umum untuk keperluan umum.

Tabel 2 Spesifikasi Aluminium 6061

Spesifikasi Aluminium 6061	
Densitas	2,7g/cc
Modulus Elastisitas	68,9GPa
Kekuatan Tekan	310MPa
Kekuatan Geser	207MPa
Kekuatan tekan	120Kg/mm

Alumunium ini umumnya tersedia dalam kelas pra-tempered seperti 6061-O (anil), nilai *tempered* seperti 6061-T6 (usia dioptimalkan dan buatan) dan 6061-T651 (solusi, peregangan bebas stres dan usia buatan).

2.9 Cetakan

Cetakan penarikan logam berbentuk kerucut yang banyak digunakan untuk proses penarikan. Sudut biasanya berkisaran dari 10⁰ sampai 30⁰. Namun harus diperhatikan bahwa ada dua sudut yang ada pada cetakan kerucut yaitu sudut masuk dan sudut keluar. Tujuan dari bantalan pada cetakan adalah mengatur diameter

akhir dan untuk mempertahankan diameter ini bahkan dengan keausan pada batang logam yang di tarik terhadap permukaan.

Satu set cetakan diperlukan untuk penarikan, yang melibatkan berbagai tahap deformasi untuk menghasilkan profil akhir. *Dies* dapat di variasikan tergantung pada kompleksitas profil penampang) dengan beberapa segmen yang disatukan dalam cetakan. Material yang digunakan untuk cetakan menggunakan material *stainless steel* (Serope Kalpakjian, dkk, 2009)

Stainless Steel adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap krom yang terjadi secara spontan.



Gambar 13 Cetakan

1. Kandungan Atom/Unsur dan Ikatannya

Baja stainless merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja stainless mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Daya tahan Stainless Steel terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) Krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif. Kromium (III) Oksida (Cr_2O_3) ketika bertemu Oksigen.

Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara, melindungi logam yang ada di bawah lapisan tersebut. Fenomena ini disebut Passivation dan dapat dilihat pada logam yang lain, seperti pada Aluminium dan Titanium (Gardner, 2019)

2. Sifat Fisik *Stainless Steel*

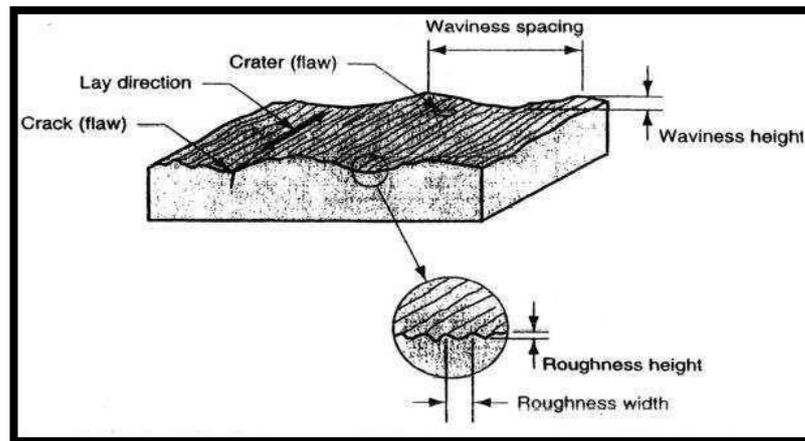
Stainless steel juga dikenal dengan nama lain seperti CRES atau baja tahan korosi, baja Inox. Komponen stainless steel adalah Besi, Krom, Karbon, Nikel, Molibdenum dan sejumlah kecil logam lainnya. Komponen ini hadir dalam proporsi yang bervariasi dalam varietas yang berbeda.

Dalam stainless steel, kandungan Krom tidak boleh kurang dari 11%. Beberapa sifat fisik penting dari stainless steel tercantum di bawah ini:

- 1) Stainless steel adalah zat keras dan kuat.
- 2) Stainless steel bukan konduktor yang baik (panas dan listrik).
- 3) Stainless steel memiliki kekuatan ulet tinggi. Ini berarti dapat dengan mudah dibentuk atau bengkok atau digambar dalam bentuk kabel.
- 4) Sebagian varietas dari stainless steel memiliki permeabilitas magnetis. Mereka sangat tertarik terhadap magnet.
- 5) Tahan terhadap korosi.
- 6) Tidak bisa teroksidasi dengan mudah.
- 7) Stainless steel dapat mempertahankan ujung tombak untuk suatu jangka waktu yang panjang. Bahkan pada suhu yang sangat tinggi, stainless steel mampu mempertahankan kekuatan dan tahanan terhadap oksidasi dan korosi.
- 8) Pada temperatur cryogenic, stainless bisa tetap sulit berubah (Gardner, 2019)

2.10 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah karakteristik terukur yang mengacu pada penyimpangan kekasaran sebagaimana uraian di atas. Permukaan akhir (surface finish) adalah suatu istilah hubungan yang mencerminkan kehalusan atau mutu umum suatu permukaan. Didalam pemakaian kata yang umum, permukaan akhir sering digunakan sebagai suatu kata lain untuk kekasaran permukaan. Tekstur permukaan seperti yang ditampilkan pada gambar 10 terdiri dari penyimpangan acak yang berulang pada permukaan normal dari suatu obyek permukaan. Kekasaran mengacu pada jarak penyimpangan dari permukaan yang nominal yang ditentukan oleh karakteristik material dan cara memproses hingga diperoleh bentuk permukaan itu. Waviness menggambarkan besar penyimpangan pengaturan jarak sayatan saat pengerjaan, kondisi ini dapat diakibatkan oleh getaran, lenturan, perlakuan panas dan faktor lain (Karmin dkk, 2013).



Gambar 14 *Surface Texture Features*

1. Parameter Kekasaran
 - a) Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata (R_a)

R_a merupakan rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (*center line*) profil efektif.

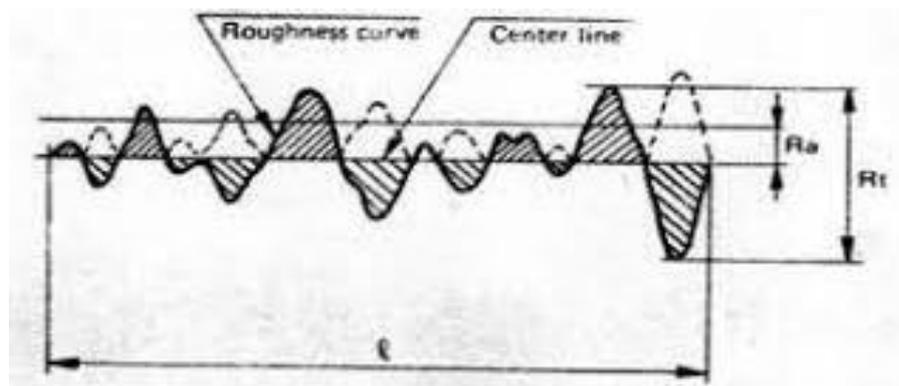
Persamaan.

$$R_a = M / l \quad (3)$$

Keterangan:

M = Luas keseluruhan (arsiran) diatas dan dibawah center line

L = Panjang bagian yang diuji



Gambar 15 Kurva Kekasaran

- b) *High of Roughness Curve* (R_t)

Ketidak rataan ketinggian maksimum adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang diuji.

c) Ketidak rataan Ketinggian Sepuluh Titik (Rz)

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik (Rz) adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam disepanjang bagian yang diuji, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata disepanjang “evolution length”.

2. Pertimbangan yang Menyangkut Kekasaran Permukaan

Pertimbangan pertimbangan yang menyangkut kekasaran permukaan antaralain;

- a) Alasan estitika, permukaan ini halus dan bebas goresan dan memungkinkan memberi suatu kesan baik
- b) Permukaan mempengaruhi keselamatan
- c) Gesekan dan keausan tergantung pada karakteristik permukaan.
- d) Permukaan mempengaruhi sifat mekanik dan sifat fisis; contoh permukaan yang kasar menjadikan titik konsentrasi tegangan.
- e) Perakitan bagian-bagian permukaan mengikat sambungan.

3. Cara Pengukuran Kekasaran Permukaan

Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan. Cara yang paling sederhana dengan meraba atau menggeruk permukaan yang diperiksa. Cara ini sudah pasti ada kelemahannya, karena sifat hanya membandingkan saja. Dan dasar pengambilan keputusan baik tidaknya suatu permukaan adalah berdasarkan perasaan si pengukur belak, yang tentu antara pengukuran satu dengan pengukuran lainnya akan berbeda. Berikut beberapa cara pengukuran permukaan yang lebih teliti;

a) Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan Mikroskop (*Microscopic Inspection*)

Keterbatasan pemeriksaan permukaan dengan mikroskop ini adalah pengambilan bagian permukaan yang sempit setiap kali akan melakukan pengukuran. Maka dari itu, dalam pemeriksaan kekasaran permukaan harus dilakukan berulang-ulang untuk kemudian dicari harga rata-ratanya. Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan mikroskop ini termasuk juga salah satu pengukuran dengan cara membandingkan, yaitu membandingkan hasil pemeriksaan permukaan yang diukur dengan permukaan dari pembanding yang kedua-duanya dilihat dengan mikroskop. Pertama melihat permukaan ukur dengan mikroskop, kemudian ganti

melihat permukaan pembanding. Dengan membandingkan kedua permukaan yang dilihat dengan mikroskop ini maka dapat dianalisis bagaimana keadaan yang sesungguhnya dari permukaan yang diperiksa.

b) Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan foto (*surface photograph*)

Pengukuran dengan cara ini adalah mengambil gambar atau memotret permukaan yang akan diperiksa. Kemudian foto permukaan tersebut diperbesar dengan perbesaran yang berbeda-beda. Perbesaran yang diambil adalah perbesaran secara vertikal. Dengan membandingkan hasil perbesaran foto permukaan yang berbeda-beda ini maka dapat dianalisis ketidakteraturan dari permukaan yang diperiksa.

c) Pemeriksaan Kekasaran dengan peralatan Kekasaran secara Mekanik

Mechanical Roughness Instrument yang disingkat dengan *MECRIN* adalah peralatan untuk memeriksa kekasaran permukaan yang merupakan perkembangan dari cara perabaan atau penggarukan permukaan. Alat ini bekerja dengan sistem mekanik dan diproduksi oleh *Messrs.*

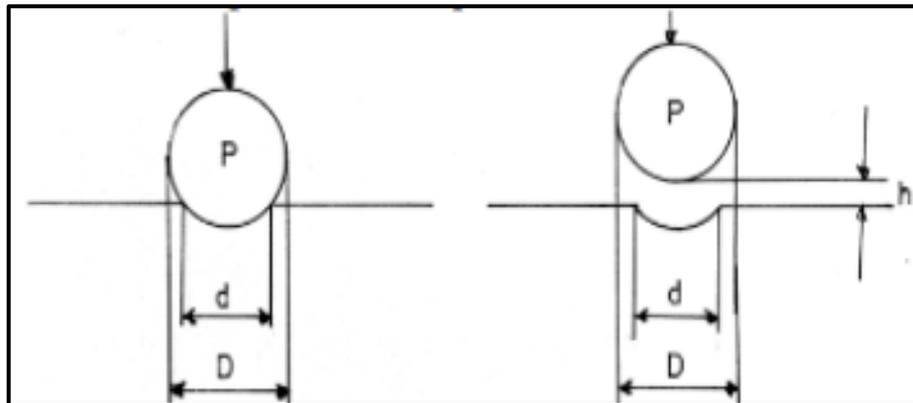
2.11 Pengujian Sifat Mekanik dan Mikrostruktur

1. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah jenis pengujian mekanik yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Prinsip pengujian kekerasan terhadap spesimen uji yang permukaannya telah dipreparasi dilakukan penekanan dengan indentor. Beban yang digunakan untuk setiap jenis logam adalah berbeda, tergantung terhadap metode pengujian dan pengukuran yang digunakan. Ada tiga metode pengujian yang paling sering digunakan untuk logam yaitu, Metode *Brinell*, Metode *Vickers* dan Metode *Rockwel*.

a. Metode *Brinell*

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indentor yang berbentuk bola dengan beban dan waktu tertentu, seperti terlihat pada Gambar 12. Harga kekerasan diperoleh dari persamaan berikut ini:



Gambar 16 Geometri Indentor Brinell (Asruddin, 2019)

Persamaan.

$$H = \frac{2P}{[\pi D(\sqrt{D^2 - d^2})]} = \frac{P}{D \cdot h} \quad (4)$$

Keterangan:

P = Beban bola penekanan yang diberikan (Kgf)

D = Diameter bola penekanan (mm)

d = Diameter jejak (mm)

Pemilihan diameter bola dan besar beban tergantung pada jenis logam serta ketebalannya. Perubahan indentor akan diikuti dengan perubahan beban akan didapatkan Hb yang sama.

Persamaan.

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2} \quad (5)$$

Jika D terlalu besar dan P terlalu kecil, maka bekas lekukan akan terlalu kecil sehingga sukar diukur dan akan memberi informasi yang keliru. Jika D terlalu kecil dan P terlalu besar dapat berakibat amblasnya bola, sehingga memberikan harga kekerasan yang keliru. Beberapa parameter penting yang mempengaruhi harga kekerasan *Brinell*:

1. Kekerasan permukaan
 2. Posisi spesimen saat menguji
 3. Kebersihan permukaan spesimen
- b. Metode *Vickers*

Pengujian dengan metode ini prosesnya sama dengan metode *Brinell* yang berbeda hanya pada bentuk indentor yaitu berbentuk piramida bujur sangkar dengan

sudut puncak 136 terbuat dari intan, seperti terlihat pada Gambar 13. Harga kekerasan *Vickers* diperoleh dengan rumus:

Persamaan.

$$H_v = \frac{2P \sin\left(\frac{O}{2}\right)}{L^2} = \frac{1,854.P}{L^2} \quad (6)$$

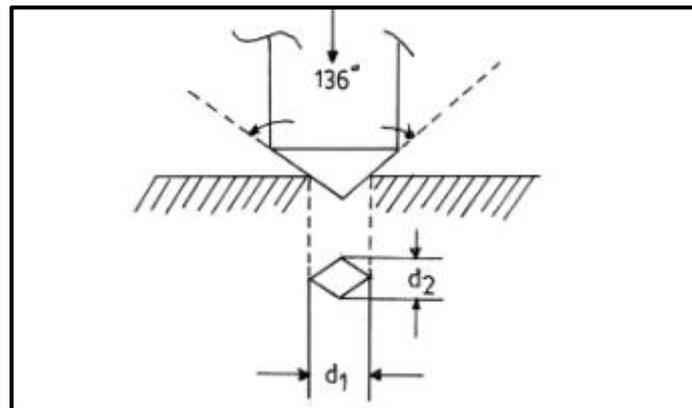
Keterangan:

P = Beban yang diberikan

L = Diagonal rata-rata (mm) = $(d_1+d_2)/2$,

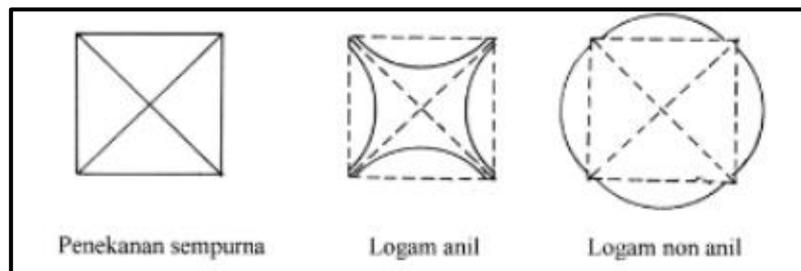
O = Sudut puncak

Uji kekerasan *Vickers* mempunyai kelebihan dalam jangkauan pemeriksaan yang luas dengan pemakaiannya beban tunggal (HV5- HV1500). Beban yang dipakai biasanya antara 1 (satu) - 120 kg.



Gambar 17 Geometri Indentor *Vickers* (Asruddin, 2019)

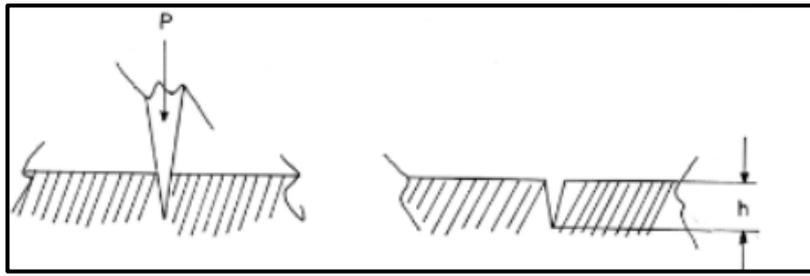
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 14



Gambar 18 Jejak Hasil Penekanan Indentor (Asruddin, 2019)

c. Metode *Rockwell*

Pada metode ini digunakan indentor intan yang berbentuk kerucut, seperti terlihat pada gambar 15. Kerucut akan menekan permukaan logam sedalam “h” dari permukaan. Jarak “h” menentukan kekerasan dari logam uji



Gambar 19 Indentor *Rockwell* (Asruddin, 2019)

Harga kekerasan diperoleh dari pembacaan langsung pada skala alat pengujian Rockwell antara lain:

1. Metode Rockwell C (HRC), menggunakan indentor kerucut intan sudut 120 dengan diameter ujung 0,2 mm. Beban yang dipakai 150 kg dengan pre-load 10 kg. Pengujian untuk steel dan hardened steel dengan $h > (0,6-0,7)$ mm.
2. Metode Rockwell A (HRA), Menggunakan indentor sama dengan Rockwell C dan beban yang sama pula 150 kg. pengujian untuk material $h < (0,4-6)$ mm.
3. Metode Rockwell B (HRB), Menggunakan indentor baja bentuk bola dengan diameter 1116” dan beban 100 kg dipakai untuk material *unhardened steel* dan *non ferrous*.

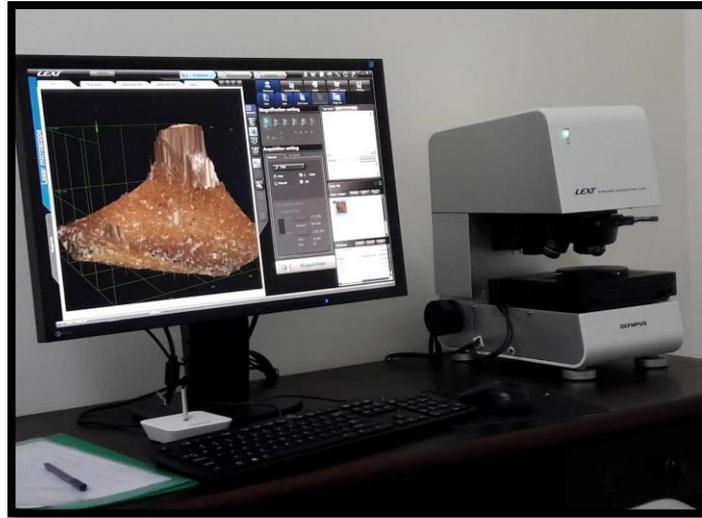
2. Pengujian Mikrostruktur

Metalografi adalah studi fisik dan komponen logam yang menggunakan mikroskop atau mengetahui perkiraan sifat-sifat fisik dengan mengenali ciri-ciri khusus dari struktur mikronya ataupun sebagai karakteristik bahan.

Henry Clifton Sorby ilmuwan abad 19 merintis produksi besi dan baja modern di Sheffield (UK) menyatakan bahwa terdapat hubungan erat antara struktur mikro dan sifat makroskopik, dan menjelang akhir hayatnya mengatakan, “jika terjadi kecelakaan kereta api, maka perusahaan harus mengambil rel kereta api untuk diperiksa dengan mikroskop dan saya dianggap sebagai orang sehat yang dikirim ke rumah sakit jiwa, tetapi itu adalah apa yang sekarang sedang dilakukan”.

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan mikroskop logam sebagaimana pada gambar 16 mikroskop optic untuk logam dengan posisi spesimen menghadap ke atas (*normal*) dan posisi spesimen ke bawah (*inverted*). Bedanya dengan mikroskop biologi/kedokteran adalah pada penerangan dilakukan dari atas

spesimen, karena spesimen logam tidak transparan (*translucent*), sehingga tidak mungkin diberi penerangan dari arah bawah (Syamsul Hadi, 2016).



Gambar 20 Mikroskop optik untuk logam (Lab. Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin)