

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh :

RIFKI ADIRA

D021 18 1507



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh :

RIFKI ADIRA

D021 18 1507



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH KECEPATAN PENARIKAN DAN LUBRIKASI TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN DAN MIKROSTRUKTUR PADA PROSES PENARIKAN ALUMINIUM 6061

Disusun dan diajukan oleh

RIFKI ADIRA

D021 18 1507

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

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


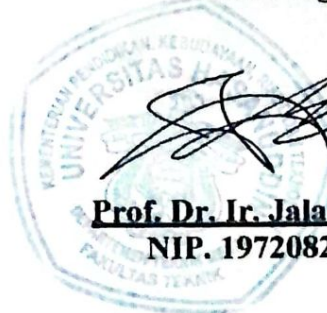


Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 197503222002121001



Dr. Eng Lukmanul Hakim Arma, S.T., MT
NIP. 197404151999031001

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T
NIP. 197208252000031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Rifki Adira
NIM : D021 18 1507
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengaruh kecepatan penarikan dan pelubrikan terhadap kualitas permukaan dan mikrostruktur pada proses penarikan aluminium 6061

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah di beri 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 atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap di klarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari doen pembimbing.

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

Gowa, 09 Januari 2024

Yang menyatakan

Rifki Adira

SEPUULUH RIBU RUPIAH
METERAI TEMPEL
04B0EAKX799801052

ABSTRAK

RIFKI ADIRA. *Pengaruh Kecepatan Penarikan dan Lubrikasi Pada Kualitas Permukaan dan Mikrostruktur Pada Proses Penarikan Aluminium 6061.* (Dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, S.T, M.T dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, S.T, M.T)

Seiring semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan permintaan pasar terhadap suatu produk yang memiliki nilai kualitas tinggi mendorong khususnya industri manufaktur untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas dan mempunyai *cost of production* yang seminimal mungkin pembentukan logam (*metal forming*) masuk dalam kategori kelompok besar dalam proses manufaktur yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama dibidang mesin dan konstruksi bangunan. Proses *drawing* atau proses penarikan merupakan salah satu bagian dari proses manufaktur. Proses penarikan sendiri adalah proses reduksi diameter suatu material dengan menariknya melewati satu atau beberapa cetakan atau *dies*. Penarikan batang Aluminium juga termasuk dalam *cold working*, yaitu proses pembentukan logam tanpa adanya perlakuan panas, dan biasanya dikerjakan pada temperatur ruang Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat kecepatan dan lubrikasi pada proses penarikan Aluminium 6061 terhadap kekerasan permukaan, kekasaran permukaan, cacat permukaan, struktur mikro Aluminium 6061, dan gaya penarikan. Adapun metode yang digunakan penarikan menggunakan mesin tensile dengan cetakan berdiameter 8 mm, kemudian setelah penarikan dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Vickers, pengujian cacat permukaan, pengujian struktur mikro dan cacat permukaan. Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa proses penarikan yang menggunakan lubrikasi dan kecepatan yang rendah itu memiliki nilai kekerasan dan struktur mikro yang lebih baik.

Kata Kunci : Aluminium 6061, kekerasan, kekasaran, cacat permukaan, uji tarik, struktur mikro

ABSTRACT

RIFKI ADIRA. The Influence of Drawing Speed and Lubrication on Surface Quality and Microstructure in the Drawing Process of Aluminium 6061. (Supervised by Dr. Hairul Arsyad, S.T, M.T, and Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, S.T, M.T)

The advancement of knowledge and market demand for high-quality products has driven the manufacturing industry, in particular, to create products of high quality with minimal production costs. Metal forming falls into the category of processes commonly used in everyday life, especially in the fields of machinery and construction. The drawing process is a part of manufacturing, specifically the reduction of the diameter of a material by pulling it through one or several molds or dies. Drawing of Aluminium rods also falls under cold working, a metal forming process that is carried out at room temperature without heat treatment. This research aims to analyze the influence of drawing speed and lubrication on the drawing process of Aluminium 6061 on surface hardness, surface roughness, surface defects, microstructure of Aluminium 6061, and drawing force. The method employed involves drawing using a tensile machine with an 8 mm diameter die. After drawing, hardness testing is conducted using the Vickers method, followed by surface defect testing, microstructure testing, and surface defect assessment. Based on the obtained data, it can be concluded that the drawing process with lubrication and low speed results in better hardness and microstructure.

Keywords : Aluminium 6061, hardness, roughness, surface defects, tensile test, microstructure

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Deformasi	7
2.2 Aluminium.....	8
2.2.1 Sumber Aluminium.....	9
2.2.2 Sifat-sifat Aluminium.....	9
2.3 Penarikan Logam.....	12
2.3.1 Goresan Permukaan	14
2.3.2 Pecahan Permmukaan	15
2.3.3 Pori-Pori Permukaan.....	15
2.3.4 Permukaan Tonjolan	16
2.4 Tegangan Alir (Flow Stress)	16
2.5 Pelumas.....	17
2.5.1 Macam-Macam Pelumas.....	20
2.6 Stainless Steel.....	21
2.6.1 Kandungan Atom/unsur dan Ikatannya.....	21
2.6.2 Cetakan Penarikan Logam	21
2.7 Kekasaran Permukaan	22
2.7.1 Parameter Kekasaran.....	23
2.7.2 Pertimbangan yang menyangkut Kekasaran Permukaan	24
2.7.3 Cara pengukuran Permukaan Kekasaran	24
2.8 Pengujian Sifat Mekanik dan Mikrostruktur	25
2.8.1 Pengujian Kekerasan.....	25
2.8.2 Uji Mikrostruktur	29

Bab 3	Metodologi Penelitian	31
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	32
3.2.1	Alat yang Digunakan.....	32
3.2.2	Bahan Penelitian.....	35
3.3	Diagram Alur Penelitian.....	36
3.4	Pelaksanaan penelitian.....	37
3.4.1	Tahap Penelitian.....	37
3.4.2	Pelaksanaan Pengujian.....	38
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	40
4.1	Data Hasil Penarikan Aluminium 6061	41
4.2	Pengujian Cacat Permukaan dan Kekasaran Permukaan	45
4.2.1	Pengujian Cacat Permukaan.....	45
4.2.2	Pengujian Kekasaran.....	47
4.3	Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Aluminium 6061	50
4.4	Pengujian Mikrostruktur Aluminium 6061	54
Bab 5	Penutup	59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	60
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Goresan Permukaan	15
Gambar 2 Pecahan Permukaan	15
Gambar 3 Pori-pori Permukaan.....	16
Gambar 4 Tonjolan Permukaan.....	16
Gambar 5 Oil Film.....	19
Gambar 6 <i>Surface Texture Features</i>	23
Gambar 7 Kurva Kekasaran	23
Gambar 8 Geometri Indentor Brinell.....	26
Gambar 9 Geometri Indentor <i>Vickers</i>	27
Gambar 10 Jejak Hasil Penekanan Indentor.....	28
Gambar 11 Indentor <i>Rockwell</i>	28
Gambar 12 Struktur Mikro Perlit besi	29
Gambar 13 Mikroskop optic untuk logam (Lab.Metalurgi Fisik Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.....	30
Gambar 14 Mesin bubut	32
Gambar 15 Pemotong Aluminium.....	32
Gambar 16 Alat pengukur panjang specimen.....	33
Gambar 17 Mikroskop Optik untuk logam	33
Gambar 18 Mesin uji tarik/ <i>Tensile</i>	34
Gambar 19 Jangka sorong	34

Gambar 20 Aluminium 6061	35
Gambar 21 Lubang cetakan/ <i>stainless steel</i>	35
Gambar 22 pelumas (oli).....	35
Gambar 23 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	36
Gambar 24 Benda Kerja	37
Gambar 25 Lubang cetakan/ <i>Dies</i>	37
Gambar 26 Alat Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	39
Gambar 27 Proses penarikan Aluminium 6061.....	40
Gambar 28 Gaya penarikan maksimum	41
Gambar 29 Grafik panjang akhir Aluminium 6061.....	44
Gambar 30 Gambar cacat permukaan setelah penarikan.....	46
Gambar 31 Grafik hubungan kecepatan penarikan terhadap nilai kekasaran permukaan.....	48
Gambar 32 Grafik hubungan kecepatan penarikan awal dengan nilai kekerasan setelah proses penarikan menggunakan pelumas.....	51
Gambar 33 Grafik hubungan kecepatan penarikan awal dengan nilai kekerasan setelah proses penarikan tanpa menggunakan pelumas	52
Gambar 34 Grafik perbandingan nilai kekerasan variasi kecepatan penarikan antara penggunaan pelumas dan tanpa pelumas	54
Gambar 35 Foto mikro permukaan Aluminium 6061 tanpa penarikan.....	56

Gambar 36 Foto mikro permukaan Aluminium 6061 hasil penarikan dengan variasi kecepatan dan kondisi pada saat proses penarikan menggunakan pelumas dan tanpa pelumas dengan pembesaran 100x..... 56

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat-sifat fisika Almunium.....	10
Tabel 2 Rencana dan jadwal penelitian.....	31
Tabel 3 Nilai gaya penarikan maksimum batang aluminium 6061.....	41
Tabel 4 Data hasil panjang akhir.....	44
Tabel 5 Data hasil pengujian kekasaran.....	47
Tabel 6 Nilai kekerasan Aluminium 6061 variasi kecepatan penarikan menggunakan pelumas	50
Tabel 7 Nilai kekerasan hasil penarikan variasi kecepatan penarikan tanpa menggunakan pelumas	52
Tabel 8 Perbandingan nilai kekerasan variasi kecepatan penarikan antara penggunaan pelumas dan tanpa pelumas	53

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan segala limpah rahmatnya sehingga peneliti dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini dengan baik yang dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pelnakan pada proses penarikan batang tembaga terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur. Sebagai bentuk syaaarat dalam menyelesaikan studi pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada penulisan skripsi ini, peneliti tentu tak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lepas dari hambatan. Sebagai bentuk pelajaran dan pengalaman selama melaksanakan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Jubliadi P Dan Ibu Sahirah yang telah membantu, memberi nasehat, motivasi dan semangat untuk peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST.,MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan kepada peneliti sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr.Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberi arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik

5. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT., Selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik.
6. Bapak Prof. Dr. Eng Jalaluddin.,ST .,MT Selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Tim peneliti penarikan batang logam Yasril M'18 dan Gusti M'19.
9. Seluruh teman-teman asisten Laboratorium Metalurgi Fisik dan Laboratorium Teknologi Mekanik.
10. Calon Istri tercinta Tiara Buana Malika yang selalu ada memberikan support dan motivasi selama pengerjaan penelitian skripsi ini.
11. Sahabat Reactor18, sebagai teman seperjuangan mulai dari mahasiswa baru sampai sekarang.

Demikian penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberiikan manfaat kepada pembaca maupun bagi peneliti.

Makassar, 23 Mei 2023

Peneliti

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan permintaan pasar terhadap suatu produk yang memiliki nilai kualitas tinggi mendorong khususnya industri manufaktur untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas dan mempunyai *cost of production* yang seminimal mungkin pembentukan logam (*metal forming*) masuk dalam kategori kelompok besar dalam proses manufaktur yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama dibidang mesin dan konstruksi bangunan. Hal tersebut mendorong persaingan pelaku industri pembuatan kawat untuk menciptakan produk batang logam yang berkualitas dan dapat memenuhi kebutuhan pasar. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari penarikan salah satunya ialah pelumas, gesekan antara batang logam dan die akan berdampak pada kualitas permukaan dari batang logam itu sendiri, hal tersebut membuktikan bahwasannya dalam proses dibutuhkan penggunaan pelumas untuk mengurangi beban dan cacat permukaan dari batang logam. Proses logam dengan cara menarik batang logam melalui cetakan oleh gaya tarik yang bekerja pada bagian luar dan ditarik ke arah luar cetakan (Destri Muliastri, 2021)

Produksi batang logam di dalam negeri tentu tidak kehabisan cadangan namun bagi pelaku usaha dalam industri ini tentu berpikir lebih agar produksi dapat meningkat, sehingga keuntungan dapat meningkat pula. Adapun masalah yang sering dihadapi di dunia industri batang aluminium membuat batang aluminium dengan diameter kecil.

Proses *drawing* atau proses penarikan merupakan salah satu bagian dari proses manufaktur. Proses penarikan sendiri adalah proses reduksi diameter suatu material dengan menariknya melewati satu atau beberapa cetakan atau *dies*. Penarikan batang Aluminium juga termasuk dalam *cold working*, yaitu proses pembentukan logam tanpa adanya perlakuan panas, dan biasanya dikerjakan pada temperatur ruang. Untuk mendapatkan hasil penarikan batang logam (Aluminium) ada beberapa faktor yang

perlu diperhatikan yaitu sifat dari material kawat, jenis lubrikan yang digunakan, dan geometri dari *die* (Essam K. Saied,dkk, 2020).

Penarikan atau biasa disebut dengan *drawing* merupakan proses menarik sebuah batang logam panjang dengan memberikan diameter tertentu yang di lewatkan melalui sebuah lubang cetakan (*dies*) sesuai dengan rancangan. Dalam proses penarikan dapat bersifat bertahap, maupun kontiniu. Untuk proses bertahap, suatu batang logam dipasangkan pada mesin dan salah satu ujungnya itu di masukkan ke dalam lubang cetakan (*dies*). Saat ril penarik menarik, maka batang logam akan di tarik melalui lubang cetakan (*dies*) sambal di gulung. Langkah yang seperti ini dapat digunakan berulang kali, setiap kali penarikan digunakan dies dengan lubang yang lebih kecil, sampai diperoleh ukuran logam yang diinginkan. (Firman,dkk, 2013)

Sedangkan untuk proses penarikan kontiniu, batang logam di tarik melalui beberapa lubang cetakan (*dies*) yang di susun secara seri. Dengan demikian, batang logam tersebut dapat mengalami deformasi yang maksimal. Adapun jumlah lubang cetakan (*dies*) itu tergantung pada jenis logam atau paduan yang akan ditarik dan dapat bervariasi dari 4 sampai 12. Lubang cetakan (*dies*) pada umumnya biasa terbuat dari *Karbida Tungsten*. Batang logam halus dapat juga digunakan *dies* intan. Penarikan pada batang logam ini juga akan mengurangi diameter dan memperpanjang logam sebagai efek dari deformasi plastis. Beberapa parameter dalam proses penarikan batang logam yang telah di teliti itu memberikan pengaruh yang bisa dikatakan cukup kuat terhadap sifat mekanik batang logam. Hasil dari drawing antaranya gaya drawing, desain cetakan, presentase dan rasio reduksi, kecepatan drawing, komposisi dan karakteristik bahan, pelumasan, dan proses treatment sebelum *drawing*. (Firman, dkk, 2013)

Proses menarik pada sebuah batang logam lalu di masukkan ke dalam cetakan yang bertujuan untuk memperkecil diameternya atau mengubah bentuknya (Essam K. Saied,dkk, 2020).

Gesekan yang terjadi antara batang logam dan cetakan (*dies*) dapat menyebabkan penurunan kualitas permukaan logam. Hal seperti ini lebih mengarah ke sebuah fakta, bahwa proses ini memang diperlukan untuk menggunakan pelumasan antara batang

logam dan cetakan (dies) yang bertujuan untuk mengurangi beban yang diperlukan dan penurunan kualitas permukaan (Essam K Said, Dkk, 2020)

Pada hasil Penelitian Essam K. Saied, dkk, pengaruh presentasi grafit pada beban penarikan dengan kecepatan penarikan yang berbeda dimana peningkatan konten grafit hingga 7.5% menurunkan muatan penarikan. Setiap peningkatan lebih lanjut dalam presentasi grafit lebih dari 7.5% dalam pelumasan meningkatkan beban pembentukan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kenaikan grafik presentase dalam pelumasan hingga 7.5% menghasilkan peningkatan proses pelumasan dengan mengurangi gesekan antara batang logam dan cetakan (dies). Namun, setelah 7.5% sifat pelumas penurunan konglomerat karena Presentase grafik.

Dengan berbagai proses dan beberapa tahap yang dilakukan pada saat penarikan batang logam, pastinya gesekan antara batang logam dan lubang cetakan (dies) akan menyebabkan penurunan kualitas pada permukaan batang logam. Dengan adanya hal seperti ini menunjukkan bahwa proses penarikan pada batang logam memang sangat di perlukan penggunaan pelumas antara batang logam dan lubang cetakan (dies) yang bertujuan untuk mengurangi beban yang di perlukan dan penurunan permukaan kualitas (Essam K. Saied, dkk, 2020)

Penelitian Asfarizal (2012) berjudul pengaruh variasi sudut dies terhadap penarikan batang logam aluminium hasilnya menunjukkan terjadi pertambahan panjang dan pengecilan penampang, mengacu pada beberapa variabel tetap yaitu : sudut dies, kecepatan penarikan dengan settingan Inverter yang sama yaitu sebesar 8 Hz, dan daya motor. Jika dibandingkan ketiga hasil penarikan dengan variasi sudut dies, maka akan didapat perbedaan nilai hasil penarikan. Penarikan dengan sudut dies 6° rata-rata pertambahan panjang sebesar 57%, waktu penarikan selama 32,2 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,21 mm/s dan arus motor sebesar 0,5 amp, pada sudut dies 10° pertambahan panjang 59%, waktu penarikan selama 31,8 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,55 mm/s dan arus pada motor 0,45 amp, dan pada sudut dies 14° pertambahan panjang 49%, waktu penarikan selama 29,7 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,51 mm/s dan arus pada motor sebesar 0,5 amp. Hasil ini menunjukkan bahwa

adanya pengaruh sudut dies terhadap waktu dan kecepatan penarikan batang logam aluminium (Asfarizal, 2012)

Dan juga ada hasil penelitian dari Essam K. Saied,dkk, yang menjelaskan hubungan antara kecepatan penarikan dan gaya penarikan pada grafik yang berbeda. Dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan kecepatan penarikan dengan presentase grafik apapun, gaya penarikan akan meningkat. Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan pembentukan kawat yang diperlukan dalam waktu singkat yang meningkatkan beban yang di butuhkan.

Pada penelitian ini, Penulis bermaksud untuk meneliti pada proses **Pengaruh Kecepatan Penarikan dan Lubrikasi Terhadap Kualitas Permukaan dan Mikrosrukur Pada Proses Penarikan Aluminium 6061.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tingkat kecepatan dan pelumasan penarikan pada Aluminium 6061 terhadap kekerasan permukaan, kekasaran permukaan, tegangan alir, dan mikrostruktur
2. Bagaimana pengaruh tingkat kecepatan dan pelumasan pada proses penarikan Aluminium 6061 terhadap cepat penarikan
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan penarikan terhadap gaya penarikan

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah terdapat di atas, maka tujuan penelitian tersebut adalah:

1. Menganalisis pengaruh tingkat kecepatan dan pelumasan pada proses penarikan Aluminium 6061 terhadap kekerasan permukaan, kekasaran permukaan, tegangan alir, dan mikrostruktur.
2. Menganalisis pengaruh tingkat kecepatan dan pelumasan pada proses penarikan Aluminium 6061 terhadap cacat permukaan
3. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan penarikan terhadap gaya penarikan

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah terdapat di atas, maka tujuan penelitian tersebut adalah:

1. Material yang digunakan adalah Aluminium 6061 dengan diameter 8,5 mm, dengan panjang Aluminium 15 cm
2. Material cetakan yang digunakan adalah *Stainless steel* dengan ukuran diameter cetakan (die) yang digunakan pada saat proses penarikan Aluminium menggunakan diameter 8 mm
3. Pelumas yang digunakan adalah oil
4. Hasil yang akan diperoleh kekasaran permukaan, mikrostruktur, cacat permukaan, dan distribusi diameter
5. Kecepatan penarikan 0,5 mm per menit, 1 mm per menit, dan 2 mm per menit

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa di ambil dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti

Adapun Penelitian ini merupakan bentuk dari pengaplikasian teori yang telah di dapatkan selama di bangku perkuliahan serta juga merupakan bentuk dari wujud pengembangan kemampuan, keterampilan, dan juga kreativitas penelitian serta dapat memberikan kontribusi pemikiran dalam ilmu bahan, dan ini juga salah satu dari beberapa syarat untuk bisa memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik mesin Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Pembaca

Dengan adanya penelitian ini, bisa di jadikan referensi, wawasan, dan juga ilmu pengetahuan tentang bagaimana proses penarikan Aluminium 6061 dengan variasi kecepatan.

3. Bagi Departemen Teknik mesin

Dengan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi di kepustakaan pada bidang ilmu bahan atau bahan material dan juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

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& Budi 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. 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 proses nya meliputi deformasi Elastis dan Plastis (Taufik Akbar& Budi Sentosa, 2012)

1. 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. 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 (Lasinta Ari Nendra Wibawa,2019).

Dengan demikian, proses deformasi atau proses pembentukan logam adalah proses yang mempunyai tujuan untuk mengubah bentuk suatu material dengan menggunakan *die*. Adapun perubahan bentuk pada logam atau material itu tergantung pada besar kecil nya geometri *die*

2.2 Aluminium

Aluminium merupakan unsur metal yang sangat berlimpah yang berada di dalam kerak bumi. Dikarenakan sifatnya yang mudah di bentuk, bersfiat lentur, dan juga tahan terhadap korosi inilah Alunimum banyak sekali digunakan untuk berbagai jenis aspek industri di bidang industri perkapalan, akan tetapi untuk jenis Aluminium murni memiliki tingkat kekuatan yang rendah. Hal seperti ini dapat di tingkatkan dengan pemaduan Aluminium dengan komposisi lainnya untuk meningkatkan sifat dari Aluminium murni tersebut (Aji Nurhafid,Dkk,2017)

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, dan juga dapat di tempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan sehingga menjadi warna abu-abu dan itu tergantung kekerasan permukaannya.

Aluminium murni 100% tidak mempunyai kandungan unsur apapun selain kandungan Aluminium itu sendiri, akan tetapi aluminium murni yang di jual dipasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terdapat kandungan didalamnya. Pengotor yang mungkin berada didalam aluminium murni biasanya adalah gelembung gas didalam yang yang masuk akibat adanya proses peleburan dan pendinginan/pengecoran yang tidak sempurna, material cetakan akibat kualitas cetakan yang kurang baik, atau juga pengotor lainnya yang di akibatkan kualitas bahan baku yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang Aluminium)

2.2.1 Sumber Aluminium

Aluminium merupakan jenis logam yang paling banyak ditemukan di kerak bumi (8,3%), dan terbanyak ke 3 setelah Oksigen (45,5%) dan dan silicon (25,7%). Aluminium sangatlah reaktif khususnya dengan oksigen, sehingga unsur aluminium tidak pernah ditemukan dalam keadaan bebas di alam, melainkan sebagai senyawa yang juga merupakan penyusun utama dari bahan tambang bijih bauksit yang berupa campuran oksida dan hidroksida Aluminium.

2.2.2 Sifat-sifat Aluminium

Sifat-sifat yang dimiliki Aluminium sehingga banyak sekali digunakan sebagai bahan material Teknik adalah sebagai berikut:

- a. Berat jenisnya ringan (hanya 2,7 gr/cm, sedangkan besi lebih kurang 8,1 gr/cm)
- b. Tahan korosi

Sifat bahan tahan korosi dari Aluminium yang diperoleh karena terbentuknya lapisan Aluminium oksida pada permukaan Aluminium (fenomena pasivasi). Pasivasi merupakan pembentukan lapisan pelindung akibat adanya reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut dapat melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Lapisan inilah yang membuat Al dapat tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, dikarenakan adanya perbedaan melting point (titik lebur).

- c. Penghantar listrik dan panas yang baik

Aluminium merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, Aluminium memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam konduktor panas dan listrik yang bisa dikatakan cukup baik, akan tetapi juga cukup berat.

- d. Mudah di fabrikasi dan ditempa

Sifat lain yang bisa di ambil keuntungan dari Aluminium adalah sangat mudah di fabrikasi, dapat di tuang (dicor) dengan cara penuangan apapun, dan juga dapat di forming dengan berbagai cara yaitu: rolling, drawing, forging, ekstrusi, dll

- e. Kekuatannya rendah tetapi pepaduan (Alloying) kekuatannya dapat ditingkatkan Kekuatan dan kekerasan Aluminium tidak begitu tinggi dengan pepaduan dan juga Heat Treatment dapat ditingkatkan kekuatannya dan kekerasannya.
- f. Kekuatan mekanik meningkat dengan tambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni
- g. Sifat elastisya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik itu dengan pepaduan, maupun itu dengan Heat

Selain sifat yang diatas, ALuminium juga ternyata memilki sifat fisika, mekanik, dan kimia.

a. Sifat fisika Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al	
	99,996%	>99,0%
Massa Jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653657
Panas Jenis	0,2226	0,2297
(cal/g.°C)(100°C)		
Hantaran Listrik	64,69	59 (Dianil)
Koefisien Pemuai (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$

Tabel 1 Sifat-sifat Fisika Aluminium (Nandi Firdaus,2016)

b. Sifat-sifat Mekanik Aluminium

Sifat mekanik dari Aluminium murni dan juga Aluminium paduan itu dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan bagaimana perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut.

Aluminium juga terkenal sebagai material yang tahan terhadap korosi. Hal tersebut disebabkan karena adanya fenomena pasivasi, yang merupakan proses pembentukan lapisan aluminium oksidasi di permukaan aluminium segera setelah logam terkena oleh udara yang bebas. Lapisan aluminium oksida ini lah yang akan mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Akan tetapi fenomena pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah terjadinya oksidasi aluminium.

c. Sifat-sifat Kimia Aluminium

1. Serbuk aluminium dipanaskan dalam uap air menghasilkan hydrogen dan juga Aluminium oksida. Reaksinya berlangsung relative lebih lambat dikarenakan

adanya lapisan aluminium oksida pada logam, membentuk oksida yang lebih banyak selama reaksi.

2. Aluminium dapat terbakar dalam oksigen jika bentuknya serbuk, dan begitu juga sebaliknya lapisan oksida nya yang kuat pada aluminium cenderung menghambat reaksinya.
3. Aluminium sering kali bereaksi dengan kalor dengan melewati kalor di atas aluminium yang telah dipanaskan sepanjang tabung. Aluminium terbakar dalam aliran kalor dapat menghasilkan aluminium klorida yang kuning dan sangat pucat. Aluminium klorida ini dapat menyublim (berubah dari padatan ke gas dan Kembali lagi) dan terkumpul dibagian bawah tabung saat proses di dinginkan.
4. Aluminium disimbolkan dengan symbol Al, dengan nomor atom 13 yang terdapat didalam tabel unsur periodic. Adapun bauksit, merupakan bahan baku dari aluminium yang memiliki kandungan aluminium dalam jumlah yang bervariasi, namun pada umumnya di atas 40% dalam berat. Senyawa aluminium yang terdapat di dalam bauksit diantaranya Al_2O_3 , $Al(OH)_3$, $\gamma-AlO(OH)$, dan $\alpha-AlO(OH)$.
5. Isotop aluminium yang biasa terdapat di alam adalah isotop ^{27}Al , dengan hasil presentase sebesar 99,9%. Adapun Isotop ^{26}Al juga banyak terdapat di alam meskipun dalam jumlah yang sedikit. Isotop ^{26}Al merupakan radioaktif dengan waktu paruh sebesar 720000 tahun. Isotop yang aluminium yang sudah biasa di temui pada saat ini adalah Aluminium dengan mempunyai berat atom relative antara 23 hingga 30, dengan isotop ^{27}Al merupakan isotop yang stabil. (Emira Eldina Ihsan, dkk, 2016)
6. Kekuatan tensil Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan kekuatan tensil Aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisaran 200-600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah untuk di tekuk, di perlakukan dengan mesin, dicor, di Tarik (drawing), dan di ekstrusi. Salah satu Pemaduan Aluminium adalah pada seri 6061.
7. Aluminium seri 6061 merupakan Aluminium paduan yang cukup banyak digunakan di dunia perkapalan terutama pada struktur rangka bangunan lepas pantai. AA 6061 merupakan paduan Aluminium dengan magnesium dan silicon

sebagai komposisi utama yang memiliki sifat tidak dapat diperlakukan, akan tetapi memiliki sifat yang baik dalam segi kekuatan dan daya tahan korosi terutama korosi yang disebabkan oleh laut (Aji Nurhafid,dkk,2017).

2.3 Penarikan Logam

Dalam proses penarikan logam 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* yang disebut sebagai instrument pengukuran. Instrument adalah sesuatu yang digunakan untuk membantu mempermudah proses penarikan batang logam untuk mengetahui gaya dan daya pembentukan logam. Proses menarik batang logam ke dalam cetakan untuk memperkecil diameter atau mengubah bentuknya. Gesekan antara batang logam dan cetakan menyebabkan penurunan kualitas permukaan logam. Ini mengarah fakta bahwa proses ini memang diperlukan untuk menggunakan pelumasan antara logam dan lubang cetakan untuk mengurangi beban yang diperlukan dan penurunan kualitas permukaan (Essam K Said,dkk,2020)

Penarikan logam biasanya dilakukan pada suhu ruangan namun, dapat dilakukan pada suhu tinggi untuk rasio reduksi yang besar. Penarikan pada batang logam menyebabkan pengerasan kabel logam dan degradasi mekanik dan listriknya properti. Degradasi ini disebabkan oleh berbagai cacat mikrostruktur yang diperkenalkan oleh: deformasi plastis ini, khususnya dengan meningkatkan densitas cacat (mis dan kesalahan). Ketika tingkat regangan penarikan kawat dingin menjadi sangat penting, mikro akan menyajikan tekstur morfologi. Butir menjadi panjang dan berbentuk seperti jarum sejajar dengan arah penarikan logam (L. Fella, Z. Boumerzoug,2018)

Penekanan batang logam yang putus dalam pembuatan dengan baik, kabel Cu masih merupakan salah satu masalah industri yang signifikan dan upaya untuk memecahkan masalah juga telah dilakukan. Batang logam yang putus mungkin disebabkan oleh penerapan kondisi cetakan yang tidak sesuai seperti desain die, jadwal kelulusan, pelumas dan anil atau/dan dengan adanya inklusi, dan Cu₂O, segregasi.

Sudah diketahui bahwa keberadaan inklusi dalam bahan Cu bertindak sebagai penyebab utama batang logam terputus dalam proses penarikan logam.(Hoon Choa,Hyung-Ho Joa,dkk,2020)

Dengan perkembangan terbaru FEM untuk analisis tegangan dan regangan di sekitar inklusi selama deformasi plastis proses penarikan batang logam, telah dimungkinkan untuk mencegah batang logam putus lebih efisien.Simulasi FEM dari penarikan multistage lebih mudah beradaptasi dari pada penarikan *single pass*, karena sebagian besar pabrik penarikan logam dilengkapi dengan jenis fasilitas yang berkesinambungan (Hoon Choa,Hyung-Ho Joa,dkk,2020)

Dalam proses penarikan batang logam, diameter kawat berkurang dengan menarik batang logam melalui cetakan kerucut. Variabel utama dalam proses menggambar meliputi rasio reduksi, sudut mati, gesekan pada antarmuka logam dan dadu, dan kecepatan penarikan. Deformasi plastis dari batang logam dan panas yang dihasilkan karena gesekan antara batang logam dan cetakan meningkatkan suhu mati, yang menghasilkan ekspansi termal. Menggunakan kecepatan tinggi dalam proses penarikan batang logam untuk memenuhi tuntutan peningkatan produktivitas mengakibatkan kesulitan pembuatan produk yang ditarik dengan diameter yang ditentukan karena: ekspansi termal yang tidak terkendali dari *die*. Besarnya dan distribusi suhu dalam batang logam dan cetakan tergantung pada suhu awal, panas yang dihasilkan karena plastik deformasi pada batang logam, gesekan pada antarmuka lubang cetakan sebagai serta perpindahan panas antara kawat deformasi, *die*, dan lingkungan sekitar, seperti pelumas dan udara (Changsun Moon and Naksoo Kim,2012)

Penarikan batang logam yang dimasukkan melalui lubang cetakan adalah proses yang dilakukan untuk menghasilkan batang logam dengan berbagai ukuran dalam spesifikasi tertentu toleransi. Prosesnya melibatkan pengurangan diameter batang atau kabel dengan melewatkannya melalui serangkaian batang logam dengan setiap cetakan berturut-turut memiliki lubang yang lebih kecil diameter dari yang sebelumnya seperti yang dinyatakan oleh Yoshida, Ido, dan Denshi. Menurut Byon dkk penarikan pada batang logam juga dapat didefinisikan sebagai proses yang menarik

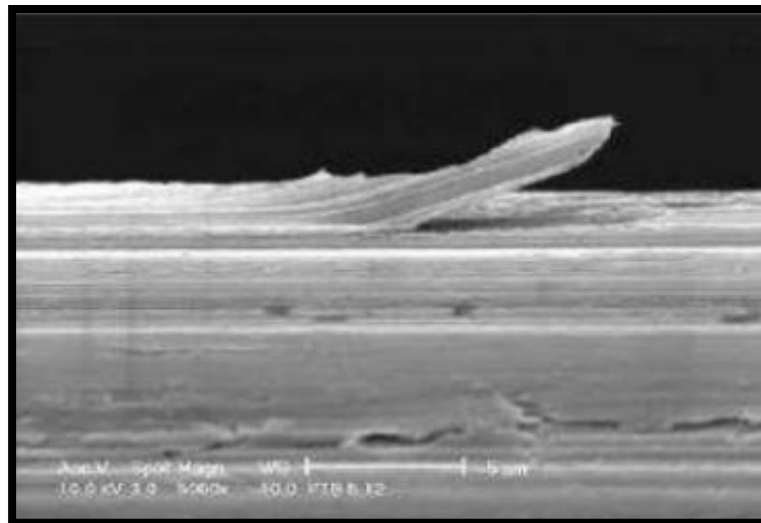
batang yang diproduksi di proses penggulangan alur melalui *die* dengan lubang dengan menggunakan gaya tarik yang diterapkan pada sisi keluar dari *die*. Menurut Vegas, Imad dan Haddi kemampuan menarik batang logam proses tergantung pada tiga parameter utama: (i) sifat bahan logam, (ii) cetakan geometri (seperti sudut die dan panjang die) dan (iii) kondisi pemrosesan seperti: kecepatan tarik dan gesekan pada antarmuka antara die dan batang logam. Gesekan Fenomena ini memiliki pengaruh besar terhadap kualitas batang logam dan keausan die dalam proses penarikan kawat. (A.C. Chiduwa , L. Nyanga, 2013)

Batang Aluminium selama operasi penarikan adalah proses deformasi di bawah gaya tarik, tekanan dan kondisi gesekan. Jika peralatan penarikan buruk pelumasan, kekurangan pendinginan atau die eksentrik, penarikan logam akan menyebabkan patah. Fraktur dan permukaan morfologi sangat penting untuk analisis kegagalan penarikan batang logam fraktur. Umumnya, mode fraktur adalah berhubungan dengan morfologi dan permukaan patahan makro keadaan logam. Penarikan logam dicirikan oleh generasi terus-menerus dari permukaan baru. Karena semakin banyak permukaan baru yang dihasilkan, maka film pelumas menjadi lebih tipis. Jika film pelumas dikurangi di bawah batas pelumasan, maka permukaan kerusakan tidak dapat dihindari.

Berikut ini adalah beberapa cacat-cacat permukaan :

2.3.1 Goresan Permukaan

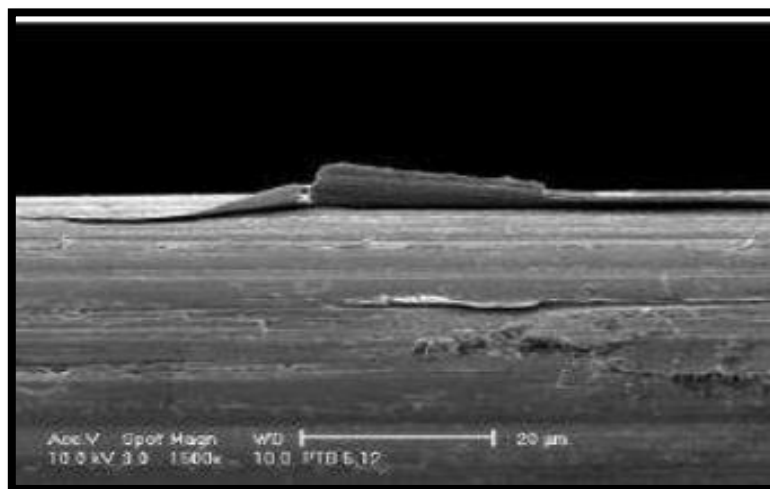
Goresan permukaan yang mirip dengan sirip seperti pada gambar 2.1 pada ini melonggarkan permukaan material yang hanya sebagian terhubung ke permukaan logam. Cacat ini muncul di sepanjang permukaan logam, kemungkinan asal dari cacat ini adalah cacat pada sisi logam sebelum batang logam ditarik, untuk mengurangi cacat pada permukaan ada beberapa langkah-langkah kerja yang menyebabkan material mengurangi cacat permukaan



Gambar 1 Goresan Permukaan

2.3.2 Pecahan Permukaan

Pecahan Permukaan yang ditunjukkan pada gambar 2.2 merupakan melonggarnya material yang hanya sebagian terhubung ke permukaan logam. Cacat muncul tegak lurus terhadap sumbu logam, yang dihasilkan mungkin pada cacat permukaan logam selama transformasi panas.

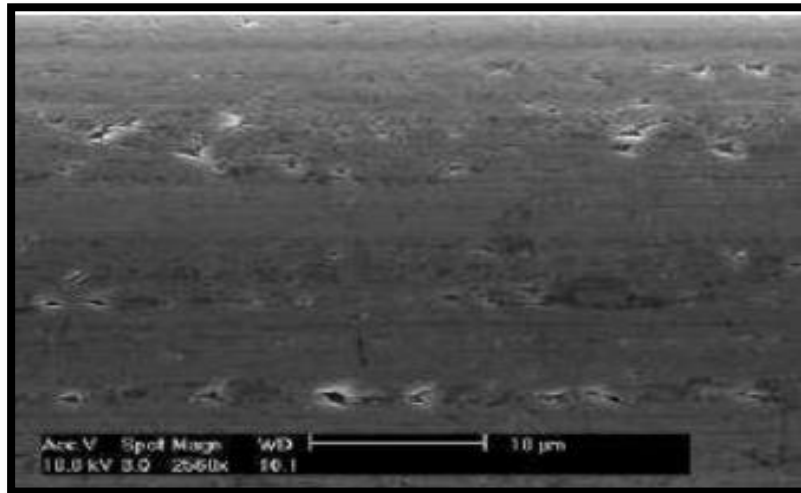


Gambar 2 Pecahan Permukaan

2.3.3 Pori-pori Permukaan

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 pori-pori berlipat ganda terjadi kecil pendalaman di permukaan kawat karena pemrosesan awal batang logam yang tidak

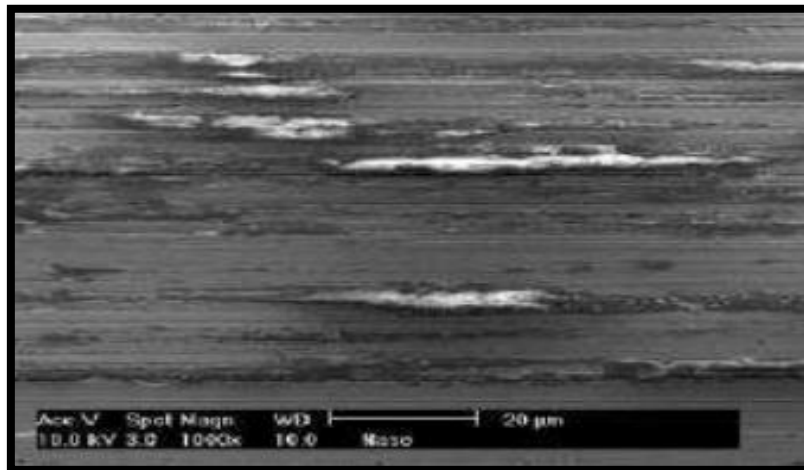
tepat. Pori-pori mungkin muncul karena over etsa atau korosi material jika tidak tahan terhadap korosi.



Gambar 3 Pori-pori Permukaan

2.3.4 Permukaan Tonjolan

Tonjolan adalah tonjolan linear dengan panjang terbatas pada permukaan kawat sejajar dengan sumbunya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Mungkin asal untuk struktur ini adalah bahwa permukaan bagian dalam *die* juga kasar.



Gambar 4 Tonjolan permukaan

2.4 Flow Stress

Dalam proses pembentukan (*metal forming*) benda kerja harus diberikan tegangan sehingga dapat terjadi deformasi plastis. Agar material mampu terbentuk atau

terdeformasi plastis, dibutuhkan parameter pembentukan yaitu tegangan alir material (*flow stress*). Menurut pendapat *T.Altan dan FW.Boulger, 2010* energi atau beban pada proses pembentukan hanya didapatkan jika tegangan alir material diketahui. Menurut *S.L Semiatin dan T. Altan, 2010* tegangan alir dalam proses pembentukan sangat dipengaruhi oleh temperatur operasi, laju tegangan dan regangan, hal ini diartikan bahwa perubahan temperatur yang relatif sedikit akan besar pengaruhnya terhadap tegangan alir. *G.E. Dieter, 1993* memberikan persamaan Tegangan alir pada umumnya seperti di bawah ini:

$$\sigma_F = K \cdot \epsilon_t^n$$

Dimana :

- σ_F = Tegangan Alir
- K = Koefisien kekuatan
- ϵ_t = Regangan sejati
- n = Koefisien pengerasan regang

2.5 Pelumas

Pelumas adalah zat kimia yang umumnya berupa cairan yang diberikan di antara dua benda bergerak dengan tujuan untuk mengurangi gaya gesek, sedangkan pelumasan adalah tindakan menempatkan pelumas antara permukaan yang saling bergeser untuk mengurangi keausan dan friksi. Minyak pelumas berbahan sintetis merupakan minyak pelumas yang biasanya ditambah dengan senyawa kimia tertentu yang tidak ada dalam minyak mineral. Senyawa kimia yang molekulnya dirancang sesuai dengan molekul minyak mineral, dan biasanya ditambah dengan zat aditif yang tujuannya meningkatkan kualitas pelumas. Kelebihan minyak pelumas sintetis ini yaitu kestabilannya terhadap suhu tinggi dan oksidasi cukup tinggi.

Beberapa hal terkait pemahaman ataupun informasi terkait minyak adalah sebagai berikut:

1. Pelumas dasar

Pelumas dasar adalah sejenis minyak atau campuran minyak yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pelumas. Pada formulasi pelumas, 70-90% campuran merupakan minyak pelumas dasar dan ditambah dengan bahan aditif untuk meningkatkan sifat-sifatnya

2. Klasifikasi pelumas berdasarkan kekentalan

Berdasarkan viskositas atau kekentalan yang dinyatakan dalam nomor-nomor Society of Automotive Engineer (SAE). Angka SAE yang lebih besar menunjukkan minyak pelumas yang lebih kental.

3. Karakterisasi mutu pelumas

Oli atau minyak pelumas memiliki ciri-ciri fisik antara lain ;

a. Viskositas

Viskositas atau kekentalan suatu minyak pelumas adalah pengukuran dari mengalirnya bahan cair dari minyak pelumas, dihitung dalam ukuran standar. Makin besar perlawanannya untuk mengalir, berarti makin tinggi viskositasnya, begitu pula sebaliknya

b. Indeks Viskositas

Tinggi rendahnya indeks ini menunjukkan ketahanan kekentalan minyak pelumas terhadap perubahan suhu. Makin tinggi angka indeks minyak pelumas, makin kecil perubahan viskositas-nya pada penurunan atau kenaikan suhu (Rini Siskayanti dan Muhammad Engkos Kosim,2017).

Nilai indeks viskositas ini terbagi dalam 3 golongan, yaitu:

- High Viscosity Index (HVI) di atas 80
- Medium Viscosity Index (MVI) 40–80.
- Low Viscosity Index (LVI) di bawah 4

Salah satu hal yang perlu diperhatikan tentang pelumasa dalah viskositasnya (kekentalan), sifat ini dimiliki oleh setiap zat cair. Viskositas dari pelumas bervariasi dengan adanya perubahan temperatur, dalam kenyataannya suatu fluida umumnya

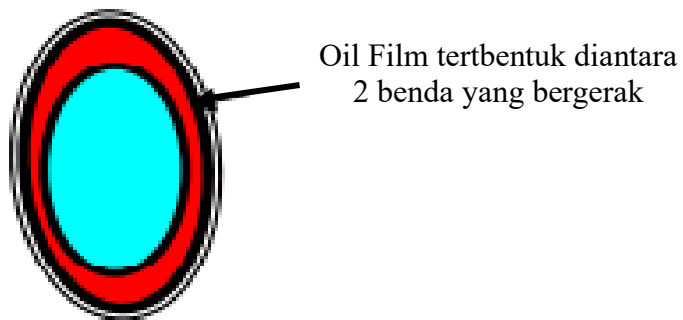
akan mengalami penurunan nilai viskositas dengan adanya kenaikan temperatur. Setelah temperatur kembali seperti semula atau dingin, Viskositas tidak kembali naik seperti semula, tetapi turun sedikit demi sedikit, sehingga pada akhirnya viskositasnya tidak memenuhi syarat lagi.

Perubahan nilai viskositas terhadap kenaikan suhu merupakan suatu hal yang penting untuk dipertimbangkan di dalam berbagai jenis penerapan minyak pelumas (oli). Oli yang ideal adalah oli yang nilai viskositasnya cukup untuk menghidupkan mesin secara mudah serta memiliki nilai yang tidak banyak berubah pada saat suhu operasi mesin naik.

Pelumas mempunyai fungsi sebagai berikut :

a. Memperkecil Koefisien Gesek

Salah satu fungsi minyak pelumas adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan akibat dua benda yang bergesekan. Minyak pelumas membentuk Oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut



Gambar 5 Oil Film (M.arisandi,Darmanto, T.Priangkoso,2012)

b. Pendinginan (*Cooling*)

Minyak pelumas mengalir di sekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas, sehingga minyak pelumas pada kondisi seperti ini berfungsi sebagai pendingin mesin

c. Pembersih (*Cleaning*)

Kotoran atau geram yang timbul akibat gesekan, akan terbawa oleh minyak pelumas menuju karter yang selanjutnya akan mengendap di bagian bawah carter dan ditangkap oleh magnet pada dasar carter. Kotoran yang ikut aliran minyak pelumas akan di saring di filter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan/ mengganggu kinerja mesin.

d. Perapat (*Sealing*)

Minyak pelumas yang terbentuk di bagianbagian yang presisi dari mesin kendaraan berfungsi sebagai perapat, yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas (blow by gas) misal antara piston dan dinding silinder

e. Sebagai Penyerap Tegangan

Oli mesin menyerap dan menekan tekanan lokal yang bereaksi pada komponen yang dilumasi, serta melindungi agar komponen tersebut tidak menjadi tajam saat terjadinya gesekan-gesekan pada bagian-bagian yang bersinggungan

f. Pencegahan Korosi

Peranan pelumas dalam mencegah korosi , pertama saat mesin idle, pelumas berfungsi sebagai *preservative*. Pada saat mesin bekerja pelumas melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung aditif untuk menetralkan bahan korosif.

2.5.1 Macam-macam pelumas

Terdapat berbagai jenis minyak pelumas. Jenis jenis minyak pelumas dapat dibedakan penggolongannya berdasarkan bahan dasar (base oil), bentuk fisik, dan tujuan penggunaan.

1. Dilihat dari bentuk Fisiknya ;
 - liquid (pelumas cair)
 - semi liquid
 - solid (pelumas padat)
2. Dilihat dari bahan Dasar nya ;
 - Pelumas mineral
 - Pelumas semisintetik

- Pelumas sintetik (M.arisandi,Darmanto, T.Priangkoso,2012)

2.6 Stainless Steel

Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (*Ferum*). Tentunya harus dibedakan mekanisme protective layer ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan coating (misal Seng dan Cadmium) ataupun cat. Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *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.

Cetakan (*Dies*) pada proses penarikan batang logam merupakan tempat proses pembentukan batang logam yang terjadi pada saat batang logam ditarik masuk kedalam cetakan. material yang digunakan untuk cetakan penarikan kawat yaitu material *stainless steel*.

2.6.1 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.

2.6.2 Cetakan Penarikan Logam

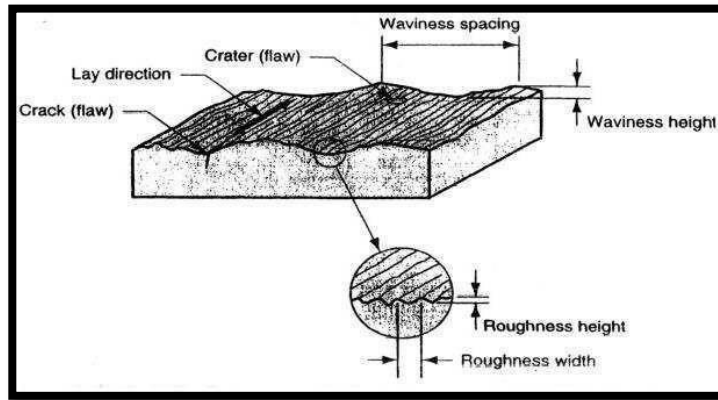
Stainless steel juga dikenal dengan nama lain seperti CRES atau baja tahan korosi, baja Inox. Komponen stainless steel adalah Besi, Krom, Karbon, Nikel, Molibdenum dan sejumlah kecil logam lainnya. Komponen ini hadir dalam proporsi yang bervariasi dalam varietas yang berbeda.

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. *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)

2.7 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 2.6 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 6 *Surface Texture Features*

2.7.1 Parameter Kekasaran

a) Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata (R_a)

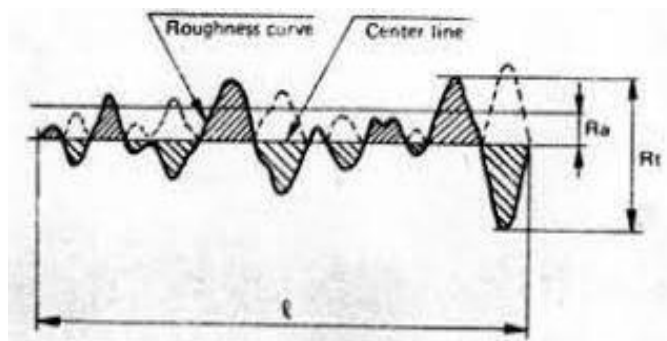
R_a merupakan rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (center line) profil efektif.

$$R_a = M / l$$

Keterangan :

M = Luas keseluruhan (arsiran) di atas dan di bawah center line

L = Panjang bagian yang di uji



Gambar 7 Kurva Kekasaran

b) Hight of Rougness

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 10 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”.

2.7.2 Pertimbangan yang Menyangkut Kekasaran Permukaan

Pertimbangan pertimbangan yang menyangkut kekasaran permukaanantaralain;

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

2.7.3 Cara Pengukuran Permukaan Kekasaran

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 nya hanya membandingkan saja. 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 photographic*)

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 permukaan 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*

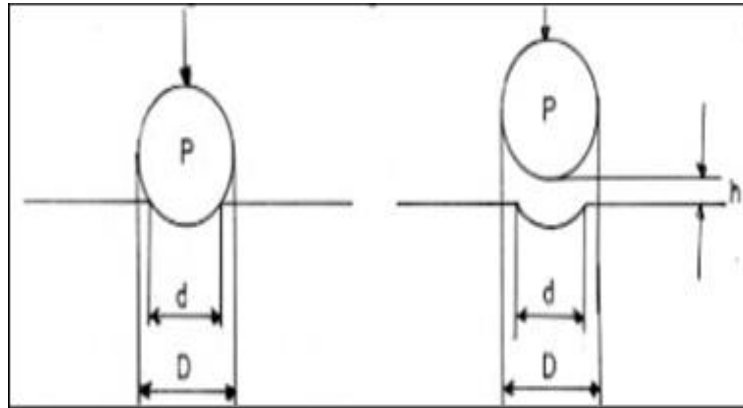
2.8 Pengujian Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur

2.8.1 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 *Rockwell*.

a) Metode *Brinell*

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indentor yang berbentuk bola dengan beban dan waktu tertentu, seperti terlihat pada gambar 2.8. Harga kekerasan diperoleh dari persamaan berikut ini ;



Gambar 8 Geometri Indentor Brinell(Asruddin, 2019)

$$H = \frac{2P}{|\pi D(-\sqrt{D^2 - d^2})|} = \frac{P}{D \cdot h}$$

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 H_b yang sama.

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*

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2}$$

1. Kekerasan permukaan
2. Posisi spesimen saat menguji

3. Kebersihan permukaan specimen

b) Metode *Vickers*

Pengujian dengan metode ini prosesnya sama dengan metode *Brinell* yang berbeda hanya pada bentuk indentor yaitu berbentuk piramida bujursangkar dengan sudut puncak 136 terbuat dari intan, seperti terlihat pada Gambar 2.9. Harga kekerasan *Vickers* diperoleh dengan rumus:

$$HV = \frac{1,854 \cdot P}{d^2}$$

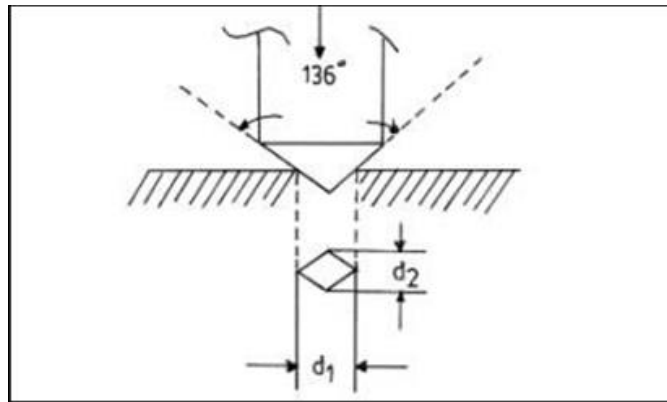
Keterangan :

P = Beban yang diberikan

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

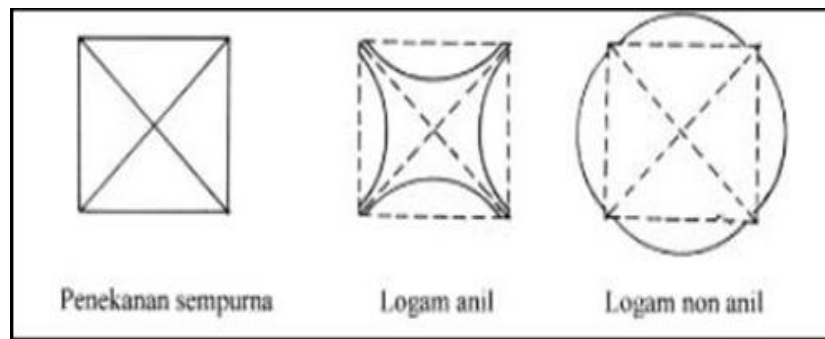
HV = Harga Kekerasan Vickers

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 9 Geometri Indentor *Vickers* (Asruddin, 2019)

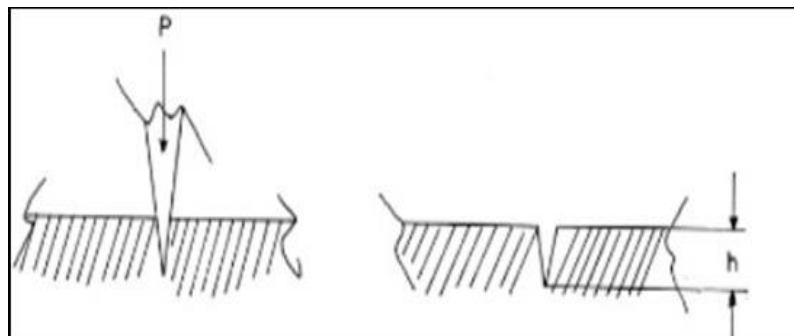
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 10



Gambar 10 Jejak Hasil Penekanan Indentor (Asruddin, 2019)

c) Metode Rockwell

Pada metode ini digunakan indentor intan yang berbentuk kerucut, seperti terlihat pada Gambar 2.11. Kerucut akan menekan permukaan logam sedalam “h” dari permukaan. Jarak “h” menentukan kekerasan dari logam uji.



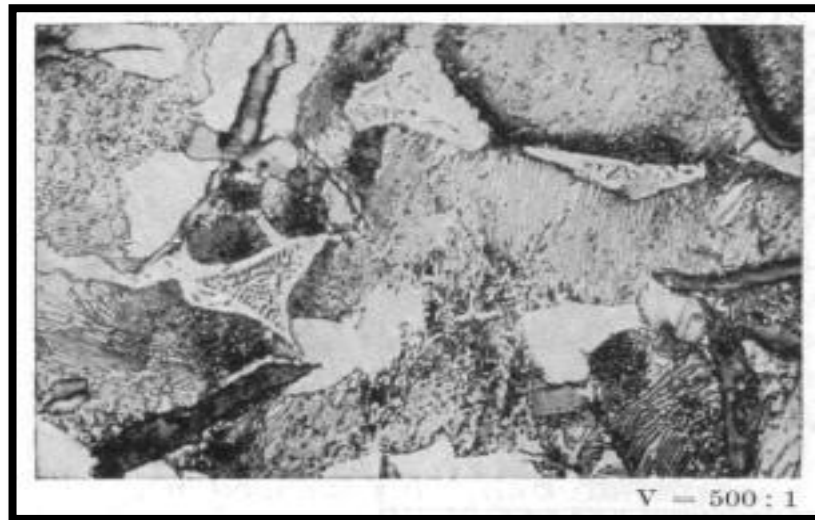
Gambar 11 Indentor *Rockwell* (Asruddin, 2019)

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 boladengan diameter 1116” dan beban 100 kg dipakai untuk material *unhardened steel* dan *non ferrous*

2.8.2 Uji Mikrostruktur

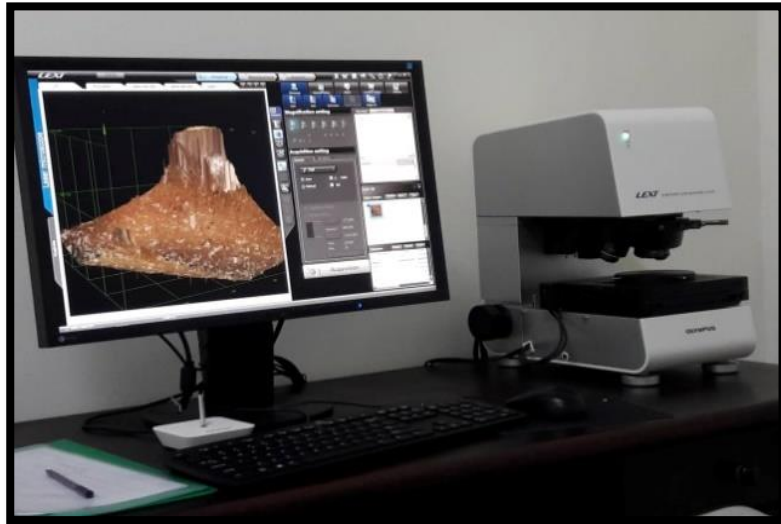
Metalografi adalah studi fisik dan komponen logam yang menggunakan mikroskop atau mengetahui perkiraan sifat-sifat fisik dengan mengenali ciri-ciri khusus dari struktur mikronya ataupun sebagai karakteristik bahan. Contoh foto struktur mikro perlit besi cor kelabu sebagaimana pada Gambar 12. Berikut



Gambar 12 Struktur Mikro Perlit besi

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 2.13. mikroskop optik untuk logam dengan posisi spesimen menghadap ke atas (normal) dan posisi spesimen menghadap kebawah (*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 13 Mikroskop optic untuk logam (Lab.Metalurgi Fisik Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin