

**PENELITIAN SIFAT-SIFAT BAJA BOHLER GRADE
US - ULTRA2 (X40 Cr Mo V51) UNTUK APLIKASI
EXTRUSION DIES**

TUGAS AKHIR

Nomor Soal : 90 / FT. USD / TM / 2000



Oleh :

KRISTIAN TEGUH SURYONO

NIM : 985214104

NIRM : 983051123109120104

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

PENELITIAN SIFAT-SIFAT BAJA BOHLER GRADE

US – ULTRA2 (X40 Cr Mo V51) UNTUK APLIKASI

EXTRUSION DIES

Oleh :

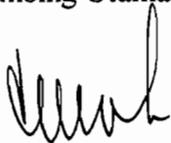
NAMA : KRISTIAN TEGUH SURYONO

NIM : 98 52 14 104

NIRM : 983051123109120104

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Viktor Malau, DEA

Tanggal,.....

Pembimbing Kedua

Budi Setyahadana, S.T

Tanggal,

TUGAS AKHIR
PENELITIAN SIFAT – SIFAT BAJA BOHLER GRADE
US – ULTRA2 (X40 Cr Mo V51) UNTUK APLIKASI
EXTRUSION DIES

Dipersiapkan dan Ditulis Oleh:

NAMA : KRISTIAN TEGUH SURYONO

N I M : 985214104

N I R M : 983051123109120104

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pada tanggal, 19 Januari 2001

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

Nama Lengkap

Ketua : IR. P. J. Soedarjana
Sekretaris : Budi Setyahadana, ST
Anggota : Dr. Ir. Viktor Malau, DEA
Anggota : Ir. Sunarjo, M.T
Anggota : Ir. YB. Lukiyanto, M.T

Tanda Tangan



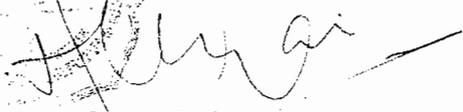
The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal dotted line. The signatures are cursive and appear to be of Indonesian origin. The top signature is the most legible, followed by the middle and then the bottom one.

Yogyakarta, 19 Januari 2001

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Dekan


Ir. Greg. Harjanto

MOTTO

“ Tuhan melimpahi aku dengan ketenangan,
Untuk menerima semua yang tak mampu kuubah,
Keberanian mengubah yang mampu kuubah,
Dan kebijaksanaan memahami perbedaannya “

(Veronica Ray)

PERSEMBAHAN

1. Ibu, Bapak, mas Aifon, dik Vivi dan
Handa yang tercinta.
2. Almamater Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA

(Kampus III) Paingan Maguwoharjo, Sleman -DIY
Telp.(0274) 883037,883968, Fax. 0274562383

TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor : 90 / FT. USD / TM / X / 2000

Diberikan kepada :
Nama Mahasiswa : Kristian Teguh Suryono
Nomor Mahasiswa : 985214104
NIRM : 983051123109120104
Jurusan : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Mata Kuliah : Bahan Teknik Manufaktur
Judul / naskah soal : Penelitian sifat - sifat baja Bohler Grade US - ULTRA2 (X 40Cr
Mo V51) untuk aplikasi “ Extrusion dies “.
Tanggal dimulai : 5 September 2000

Yogyakarta, 5 Oktober 2000

Dosen Pembimbing Kedua

Dosen Pembimbing Utama

(Budi Setyahadana, S.T.)


(Dr. Ir. Viktor Malau, DEA.)

-KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan studi di jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Darma Yogyakarta, pada program study Strata-1.

Penulis mengambil judul Tugas Akhir : Penelitian Sifat-Sifat Baja Bohler Grade US – ULTRA2 (X40 cr mo v51) Untuk Aplikasi “Extrusion Dies”, sedangkan data untuk Tugas Akhir ini Penulis peroleh dari serangkaian penelitian yang dilakukan pada Laboratorium Mekanik Universitas Sanata Darma dan Laboratorium Bahan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu dengan segala kerendahan hati dan dengan iapang dada Penulis mengharapkan masukan dan saran untuk penyempurnaan isi Tugas Akhir ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Sanata Darma,
2. Ir. Greg Haryanto, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Darma.
3. Ir. FA. Rusdi Sambada, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Darma.
4. Dr. Ir. Viktor Malau, DEA, selaku pembimbing utama.
5. Budi Setyahadana, S.T, selaku pembimbing kedua.
6. Para pegawai Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Sanata Darma.

7. Teman - teman dalam suka dan duka dalam membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, Jeng Sri (yang termanis), Hendrat (siSri), Wahyu (Gudel) Ipoeng, Doni Shanti dan yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhirnya, semua yang telah Penulis susun dalam Tugas Akhir ini semoga dapat memberikan sumbangan bantuan bagi rekan - rekan dan semua yang memerlukan.

Yogyakarta, September 2000

Kristian Teguh Suryono



DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Halaman Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Motto dan Persembahan	iv
Halaman Soal	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Grafik	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Tujuan Penelitian	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Penelitian	2
BAB II. DASAR TEORI	4
2.1. Pengertian Baja	4
2.2. Sifat – Sifat Penting Baja	4
2.3. Baja Kekerasan Tinggi	7
2.3.1. Baja Pegas	7
2.3.2. Baja Bantalan	8

2.3.3. Baja Perkakas Dingin	9
2.3.4. Baja Perkakas Panas	10
2.3.4.1. Pengaruh Unsur – Unsur Paduan	
Baja Perkakas Panas	11
2.3.5. Baja Kecepatan Tinggi (HSS)	14
2.3.5.1. Pengaruh Unsur Paduan	
Baja Kecepatan Tinggi (HSS)	15
2.4. Proses Ekstrusi	17
2.4.1. Keuntungan dari Proses Ekstrusi	17
2.4.2. Macam – Macam Proses Ekstrusi	17
2.4.2.1. Ekstrusi Langsung dan Tidak Langsung	17
2.4.2.2. Ekstrusi Panas dan Dingin	21
2.4.2.3. Proses Terus-Menerus dan Proses yang Berlainan	23
2.4.3. Proses – Proses Ekstrusi yang Lain	23
2.4.3.1. Ekstrusi Impact	24
2.4.3.2. Ekstrusi Hidrostatik	25
2.4.4. Kerusakan – Kerusakan dalam Produk Ekstrusi	26
2.5. Macam – Macam Pengujian Baja	28
2.5.1. Pengujian Tanpa Merusak Bahan	28
2.5.1.1. Pengujian Ketukan	28
2.5.1.2. Pengujian Kekerasan Brinell	28
2.5.1.3. Pengujian Magnefluks	30
2.5.1.4. Pengujian Vickers	30

2.5.1.5. Pengujian Rockwell	31
2.5.1.6. Pengujian Kekerasan Sceleroscope dari Shore	33
2.5.1.7. Pengujian Sinar X	34
2.5.1.8. Pengujian Sinar γ	34
2.5.1.9. Pengujian dengan Gelombang Ultrasonik	34
2.5.1.10. Pengujian Zyglo	35
2.5.2. Pengujian dengan Merusak Bahan	36
2.5.2.1. Pengujian Geser	36
2.5.2.2. Pengujian Puntir	36
2.5.2.3. Pengujian Kelelahan (Fatigue Test)	38
2.5.2.4. Pengujian Kejut (Impact Test)	39
2.5.2.5. Pengujian Lengkung	41
2.5.2.6. Pengujian Tarik	42

BAB III. CARA PENELITIAN DAN ALAT YANG DIGUNAKAN ...45

3.1. Skema Penelitian	45
3.2. Persiapan Sampel	46
3.3. Perlakuan Panas (Heat Treatment)	46
3.3.1. Hardening	46
3.3.2. Tempering	47
3.3.3. Annealing	47
3.4. Pengujian Kekerasan Rockwell	48
3.5. Pengujian Tarik	48
3.6. Uji Struktur Mikro	49

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	50
4.1. Komposisi Kimia	50
4.2. Hasil Pengujian	50
4.2.1. Pengujian Kekerasan Rockwell	50
4.2.1.1. Sampel Kondisi Mula – Mula	50
4.2.1.2. Sampel Setelah Hardening	50
4.2.1.3. Sampel Setelah Tempering	51
4.2.1.4. Sampel Setelah Annealing	51
4.2.2. Pengujian Tarik	52
4.2.2.1. Sampel Kondisi Mula – Mula	52
4.2.2.2. Sampel Setelah Hardening	53
4.2.2.3. Sampel Setelah Tempering	54
4.2.2.4. Sampel Setelah Annealing	55
4.3. Pengujian Struktur Mikro	57
BAB V. KESIMPULAN	60
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Ekstrusi langsung	18
Gambar 2. Ekstrusi langsung untuk benda berlubang	19
Gambar 3. Ekstrusi tidak langsung	20
Gambar 4. Ekstrusi tidak langsung untuk benda berlubang	20
Gambar 5. Bentuk – bentuk benda hasil ekstrusi	21
Gambar 6. Penampang yang sulit hasil ekstrusi	22
Gambar 7. Contoh ekstrusi impact	24
Gambar 8. Ekstrusi hidrostatik	25
Gambar 9. Kerusakan – kerusakan pada hasil ekstrusi	27
Gambar 10. Prinsip pengujian kekerasan Rockwell	32
Gambar 11. Pengujian kekerasan scleroscope	33
Gambar 12. Pengujian sinar X	34
Gambar 13. Pengujian gelombang ultrasonik	35
Gambar 14. Pengujian geser	36
Gambar 15. Pengujian kejut	39
Gambar 16. Pengujian lengkung	41
Gambar 17. Pengujian tarik	42
Gambar 18. Struktur mikro sampel mula-mula	57
Gambar 19. Struktur mikro sampel hardening	58
Gambar 20. Struktur mikro sampel tempering	58
Gambar 21. Struktur mikro sampel annealing	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perlakuan panas baja pegas	7
Tabel 2. Komposisi kimia baja perkakas dingin	9
Tabel 3. Perlakuan panas baja perkakas dingin	10
Tabel 4. Komponen kimia baja kecepatan tinggi (HSS)	14
Tabel 5. Hasil uji kekerasan mula – mula	50
Tabel 6. Hasil uji kekerasan hardening pada suhu 1050° C	51
Tabel 7. Hasil uji kekerasan tempering pada suhu 400° C	51
Tabel 8. Hasil uji kekerasan annealing pada suhu 750° C	51
Tabel 9. Hasil uji tarik mula – mula	53
Tabel 10. Hasil uji tarik hardening	54
Tabel 11. Hasil uji tarik tempering	55
Tabel 12. Hasil uji tarik annealing	56

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1. Kesetimbangan besi karbon	6
Grafik 2. Pita H baja pegas	7
Grafik 3. Kekerasan temper baja perkakas Cr	12
Grafik 4. Kekerasan temper baja pengerasan presipitasi	13
Grafik 5. Kekerasan temper baja HSS	16
Grafik 6. Tegangan puntir	37
Grafik 7. Pengujian kelelahan	38
Grafik 8. Hubungan antara temperatur dan tenaga patah	40
Grafik 9. Tegangan dan regangan	44
Grafik 10. Hardening dan tempering	46
Grafik 11. Annealing	47
Grafik 12. Kekerasan baja Us – Ultra2	52
Grafik 13. Pengujian tarik mula – mula	52
Grafik 14. Pengujian tarik hardening	53
Grafik 15. Pengujian tarik tempering	54
Grafik 16. Pengujian tarik annealing	55
Grafik 17. Pengujian tarik baja Us – Ultra2	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang mempunyai sifat - sifat yang bervariasi, dari bahan yang mempunyai sifat paling lunak dan mudah dibentuk / dikerjakan sampai bahan yang sangat keras sehingga sulit pembentukan / pengerjaannya. Dari unsur besi dengan berbagai bentuk struktur logam yang hanya terdiri satu unsur paduan sampai baja yang strukturnya terdiri dari berbagai unsur paduan, yang pada akhirnya membuat besi dan baja mempunyai sifat yang sangat bervariasi.

Dalam pembuatan dan perancangan salah satu proses industri khususnya pembentukan logam secara umum, misalnya proses ekstrusi, perlu dipilih suatu bahan yang mempunyai sifat fisis dan mekanis yang baik sehingga mampu digunakan dalam proses industri tersebut.

Bahan yang mampu diterapkan dalam proses ekstrusi ini sangat banyak dan mempunyai jenis yang bermacam-macam, salah satunya yang penulis ambil sebagai sampel percobaan yaitu baja US - ULTRA dari produksi Bohler Jerman dengan standart DIN yaitu 1.2344 X 40 Cr Mo V 51.

1.2. Tujuan Penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: Kekuatan tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro dari benda uji sebelum dan sesudah mendapat Heat Treatment (perlakuan panas) yang meliputi Hardening, Annealing, dan Tempering.

1.3. Batasan Masalah

Agar lebih terarah dalam penyusunan Tugas Akhir dan dapat tercapai tujuan yang diinginkan maka penulis memberikan batasan - batasan masalah.

Perlakuan panas pada baja US - ULTRA dilakukan untuk memperbaiki sifat fisis maupun mekanis bahan. Untuk proses Hardening, baja dipanaskan pada temperatur 1020°C ditahan selama 30 menit kemudian dilanjutkan Quenching dengan media oli. Untuk proses Annealing, baja dipanaskan pada suhu 750°C ditahan 30 menit kemudian didinginkan secara perlahan - lahan di udara. Pada proses Tempering, baja dipanaskan pada suhu 400°C ditahan 30 menit, kemudian dilanjutkan pendinginan perlahan - lahan di udara.

Pengujian sifat mekanis bahan meliputi pengujian tarik dan pengujian kekerasan, sedangkan pengujian fisis meliputi pengujian struktur mikro.

1.4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai adalah melakukan penelitian di Laboratorium dan menganalisis hasil - hasilnya. Penelitian meliputi Pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro untuk sampel sebelum dan sesudah mengalami perlakuan panas (heat treatment).

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan tarik, regangan tarik dan tegangan patah dari sampel uji. Pengujian tarik dilakukan sampai sampel uji mengalami kepatahan sehingga dapat diketahui tegangan patah dan tegangan maksimumnya.

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kekerasan dari sampel uji yang merupakan ketahanan sampel terhadap deformasi plastis. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell di Laboratorium Bahan Universitas Gajah Mada, menggunakan penetrator kerucut intan 120°.

Dalam pengujian struktur mikro pada sampel dilakukan foto struktur mikro pada saat kondisi mula - mula dan sesudah mengalami perlakuan panas (heat treatment) yang meliputi hardening, annealing, tempering. Dari foto struktur akan dapat diketahui sifat- sifat fisis sampel uji.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Baja

Baja adalah bahan kerja besi dengan kadar karbon $\leq 2\%$. Baja diperoleh dengan mencairkan besi mentah dalam dapur tinggi. Sedangkan baja dengan kadar karbon kurang dari 0.028% disebut besi murni.

Dengan demikian kita mengenal dua golongan baja, yaitu baja karbon (yang hanya terdiri dari satu paduan yaitu karbon) dan baja paduan (yang terpadu dengan elemen - elemen paduan yang bermacam - macam.). Baja paduan dibagi dua yaitu:

- a. Baja paduan rendah, yaitu dengan unsur paduan $< 5\%$.
- b. Baja paduan tinggi, yaitu dengan unsur paduan $> 5\%$

Bervariasinya elemen paduan pada baja, maka bervariasi pula sifat - sifat yang dimiliki baja tersebut tergantung dengan jenis paduannya..

2.2 Sifat – sifat Penting Baja

Di dalam merancang suatu konstruksi, pemilihan logam yang akan dipergunakan harus sesuai dengan tuntutan konstruksi yang ada. Adapun sifat - sifat logam yang penting antara lain:

- Malleability / sifat mampu tempa

Logam dengan sifat ini dengan mudah dapat dibentuk dengan suatu gaya, baik dalam keadaan dingin maupun panas tanpa terjadi retak, misalnya dengan tempa ataupun dirol.

- Ductility / keuletan / keliatan.

Logam dengan sifat ini diharapkan dapat dibentuk dengan tarikan tanpa menunjukkan gejala putus, misalnya pada proses ekstrusi.

- Toughness / ketangguhan.

Kemampuan suatu logam untuk dibengkokkan beberapa kali tanpa mengalami patah atau retak.

- Hardness / kekerasan

Ketahanan suatu logam untuk menahan terhadap penetrasi / penusukan logam lain.

- Strength / kekuatan

Kemampuan suatu logam untuk menahan gaya yang bekerja atau kemampuan logam menahan deformasi.

- Weldability / sifat mampu las

Kemampuan logam untuk dapat dilas, baik dengan las listrik maupun dengan las karbid / gas.

- Corrosion resistance / tahan korosi

Kemampuan suatu logam untuk menahan korosi / karat akibat kelembaban udara, zat - zat kimia dll.

- Machinability

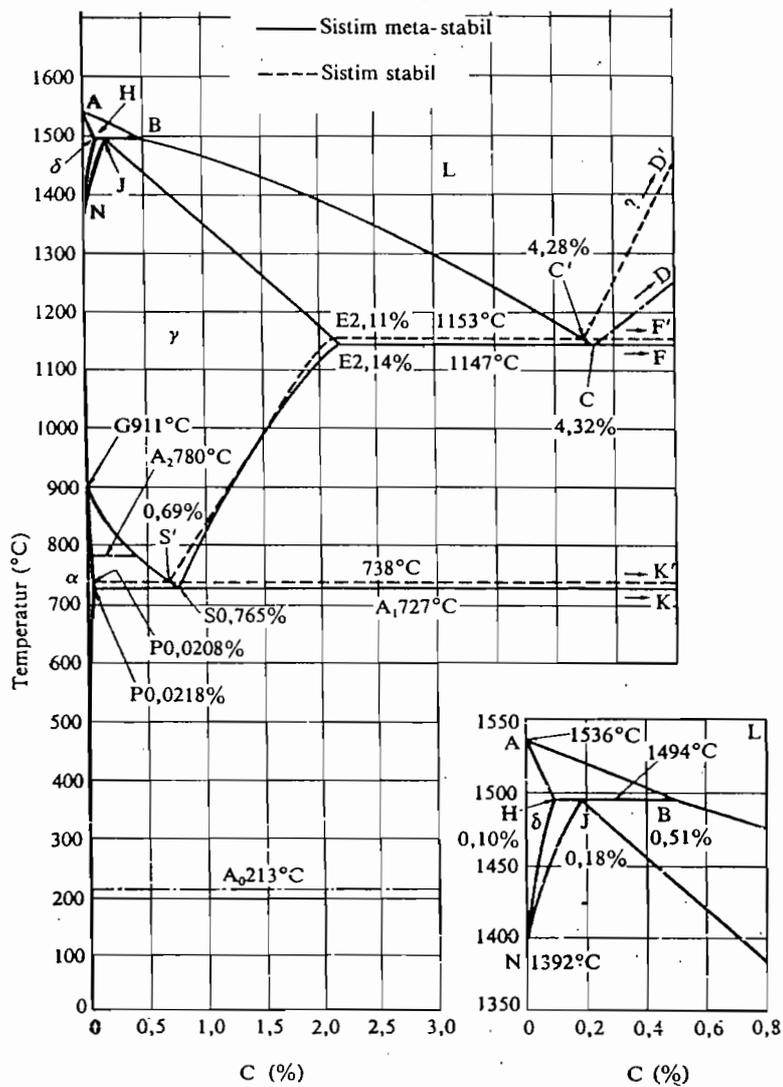
Kemampuan suatu logam untuk dikerjakan dengan mesin, misalnya dengan mesin bubut, mesin frais dll.

- Elasticity

Kemampuan suatu logam untuk kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi plastik / permanen.

- Brittleness / kerapuhan

Sifat logam yang mudah retak dan pecah. Sifat ini berhubungan erat dengan kekerasan / hardness dan merupakan kebalikan dari ductility.

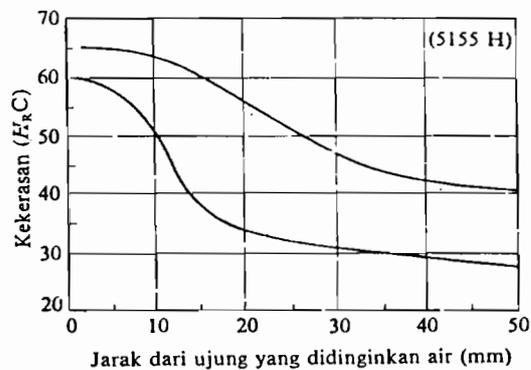


Grafik 1. Keseimbangan Besi Karbon.

2.3. Baja Kekerasan Tinggi

2.3.1. Baja Pegas

Sifat utama dari baja pegas adalah modulus elastis dan batas elastik yang tinggi, tetapi bagi baja paduan rendah modulus elastik boleh dikatakan tetap, oleh karena itu persoalan dalam dunia industri ialah bagaimana mempergunakan batas elastis agar mendapatkan kekuatan yang tinggi.



Grafik 2. Pita H baja pegas

Komposisi kimia (wt %)	Perlakuan panas		Sifat-sifat mekanik				
	Pencelupan dingin (°C pada minyak)	Penemperan (°C)	Batas mulur (kgf/mm ²)	Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	Perpanjangan (%)	Pengurangan luas (%)	Kekerasan (H _B)
0,8C	830-860	450-500	> 85	> 110	> 8	—	341-401
0,6C-1,7Si-0,8Mn	"	480-530	> 110	> 125	> 9	> 20	363-429
0,6C-0,8Mn-0,8Cr	"	460-510	"	"	"	"	"
0,6C-0,8Cr-B							

Tabel 1. Perlakuan panas baja pegas

Baja pegas adalah baja karbon yang mengandung 0.5 - 1% karbon atau baja karbon rendah yang dicampur dengan Si, Mn, dan Cr sampai 1%, selanjutnya dengan paduan Mo, V sampai 0.25% dan dengan B yang jarang dilakukan sampai 0.0005%.

Baja pegas perlu memiliki batas elastik yang tinggi setelah dikeraskan dan ditemper. Untuk keperluan ini standar di setiap negara mempunyai pita H yang menyatakan batas tertinggi dan terendah dari hasil uji mampu keras. Sifat mampu keras berturut - turut lebih tinggi mulai dari baja karbon, baja Si - Mn, baja Mn - Cr, baja Mn - Cr - B (lihat tabel)

2.3.2. Baja Bantalan

Baja 1% C - 1% Cr dipergunakan sebagai bahan untuk bantalan peluru dan bantalan rol di setiap negara, tanpa mengubah komposisi kimianya, karena baja tersebut mempunyai mampu keras yang baik, mampu mesin yang baik dan umur yang lama.

Untuk bantalan yang besar dipakai bahan yang mengandung lebih dari 1% Mn atau Cr atau Mo, tetapi komposisi utamanya tetap tidak berubah.. Untuk bantalan, peluru, rol dan ring dibuat dari bahan yang sama, mungkin juga dengan struktur berbutir halus dari sementit bulat yang didapat dengan pengerasan dicelup di air atau minyak dari temperatur 800 - 840°C setelah pembentukan. Pada umumnya pemanasan baja karbon tinggi di udara harus dikontrol untuk menghindari terjadinya dekarburasi, biasanya dengan menggunakan campuran gas H₂, CO, N₂ atau lingkungan Ar. Temperatur penemperan paling sedikit 200°C agar mencapai kekerasan HRC 64 - 66.

Umur baja tergantung keausan fretting, jadi inklusi sangat menentukan. Inklusi yang besar dapat dilihat oleh pengamatan visual. Untuk bantalan yang baik dan efisien, pemurnian baja dilakukan di bawah vakum (VAR= Vacuum Arc Remelting) atau dengan pencairan elektroslag (ESR = Elektroslag Remelting) untuk menghindari pencampuran dengan inklusi.

2.3.3. Baja Perkakas Dingin

Umumnya baja perkakas dingin mempunyai kadar karbon yang sangat tinggi, macamnya sangat banyak dari baja perkakas karbon yaitu untuk perkakas pemotong kayu, pemotong daging, pisau cukur, kikir, baja perkakas paduan rendah dengan unsur paduan Cr, W, V, untuk perkakas pemotong, cetakan penarikan kawat, tap dan drill sampai baja perkakas paduan medium dengan unsur paduan Cr, W, Mo, V, untuk cetakan penarikan kawat, alat pengetrim, pengukur (gauges), pengerol derat dsb. Untuk komposisi kimia dan macam perlakuan panas (heat treatment) serta temperatur pengerjaannya dapat dilihat pada tabel di bawah.

Baja perkakas	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Penggunaan
Baja karbon	1 1,10	<0,35	<0,50	<0,030	<0,030	<0,20				Tap, cetakan, pisau cukur, pahat kayu.
"	2 0,65	"	"	"	"	"				Penggores, cetakan pres, pisau, dsb.
Baja paduan rendah	1 1,35	"	"	"	"	0,75		4,5		Perkakas potong, cetakan penarikan dingin.
"	2 1,25	"	"	"	"	0,35		3,5	0,2	-sama dengan di atas-
"	3 1,05	"	"	"	"	0,75		1,25		Tap, gurdi, pemotong, gergaji, cetakan penarikan.
"	4 0,5	"	"	"	"	"		0,75		Pahat kayu, pons, pemegang.
"	5 0,8	"	"	"	"	0,40		2,0	0,25	Pahat kayu, pons, mata pisau, pemotong kikir.
"	6 1,0	<0,25	<0,30	"	"	"			0,18	Gurdi batu, torak.
Baja paduan	1 1,0	<0,40	0,75	"	"	5,0	1,0		0,35	Pengukur, cetakan penarikan, rol derat.
"	2 1,0		2,0			1,0	1,0			Cetakan pengetrim, cetakan penarikan.
"	3 0,5					5,0	1,4	1,5Ni	1,0	Mata gunting untuk pelat tebal.
Baja paduan tinggi	1 2,1	<0,40	<0,60	"	"	13,0				Cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim.
"	2 1,5	"	<0,50	"	"	12,0	1,0		0,35	Pengukur, cetakan pengetrim, rol derat.
"	3 2,0	"	<0,60	"	"	13,0		3,0		Cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim.

Tabel 2. Komposisi kimia baja perkakas dingin

Baja	Temperatur penempaan (°C)	Titik transformasi (°C)		Penganilan (°C)	Pencelupan dingin (°C)	Penemperan (°C)	Kekerasan		
		Ac	Ar				Penganilan (H _n)	Temperatur celup dingin (H _n C)	
Baja perkakas karbon #	1	1050-850	730-750	720-690	750-780 SC	760-820 WC	150-200 AC	187-212	> 63
	2	1100-850	730-770	720-680	750-780 #	760-820 #	150-820 #	179-201	> 54
Baja perkakas paduan rendah # # # # # #	1	1050-900	760-780	710-750	750-800 #	830-880 OC	150-200 #	192-217	> 63
	2	1050-850	760-780	710-700	750-800 #	830-880 #	150-200 #	192-217	> 61
	3	1050-850	760-780	710-700	750-800 #	830-880 #	150-200 #	192-217	> 61
	4	1050-850	760-810	735-665	750-800 #	830-880 OC	150-200 #	187-201	> 56
	5	1050-850	750-680	700-680	750-800 #	830-880 #	150-200 #	192-212	> 55
	6	1100-850	730-770	715-685	750-800 #	770-820 WC	150-200 #	187-200	> 63
Baja perkakas paduan medium # #	1	1100-900	790-815	770-740	850-900 #	950-1000 AC	150-200 #	212-255	> 61
	2	1100-900	790-815	770-740	850-900 #	850-880 #	150-200 #	212-255	> 61
	3	1050-850	760-810	735-665	750-800 #	830-880 #	150-200 #	185-200	> 56
Baja perkakas paduan tinggi. # #	1	1050-900	780-810	685-640	850-900 #	930-980 OC	150-200 #	223-269	> 61
	2	1100-900	820-860	770-690	850-900 #	1000-1050 AC	150-200 #	212-255	> 61
	3	1050-900	795-820	745-725	850-900 #	930-980 #	150-200 #	255-321	> 61

Catatan: Ac: Titik transformasi pada pemanasan, Ar: Titik transformasi pada pendinginan, SC: Pendinginan lambat, WC: Pendinginan air, OC: Pendinginan minyak, AC: Pendinginan udara.

Tabel 3. Perlakuan panas baja perkakas dingin

2.3.4. Baja Perkakas Panas

Baja perkakas panas adalah bahan yang dipakai untuk proses pengerjaan panas yaitu seperti pengecoran cetak, ekstrusi, untuk bilah penggantung, dan untuk cetakan penempaan panas yang dipakai pada temperatur tinggi, dsb.

Sifat - sifat yang diperlukan adalah :

1. Mudah dikerjakan dalam proses permesinan dan dibentuk menjadi cetakan.
2. Mempunyai mampu keras yang baik dan transformasi yang kurang pada waktu perlakuan panas.
3. Tidak mempunyai sifat mengarah dan bersifat homogen.
4. Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pelunakan temper.
5. Mempunyai kekerasan panas yang tinggi dan keuletan yang tinggi.
6. Mempunyai ketahanan aus yang tinggi dan mempunyai deposisi termal dan fusi yang kurang.

7. Kuat terhadap kerugian karena fusi, kejutan termal, kelelahan termal dsb.

Sampel baja yang penulis uji dalam tugas akhir ini yaitu baja US - ULTRA2 adalah baja perkakas panas juga, sehingga untuk tabel komposisi dan tabel perlakuan panas di bawah juga dijadikan acuan dalam perlakuan panas yang penulis ujikan pada penelitian di laboratorium.

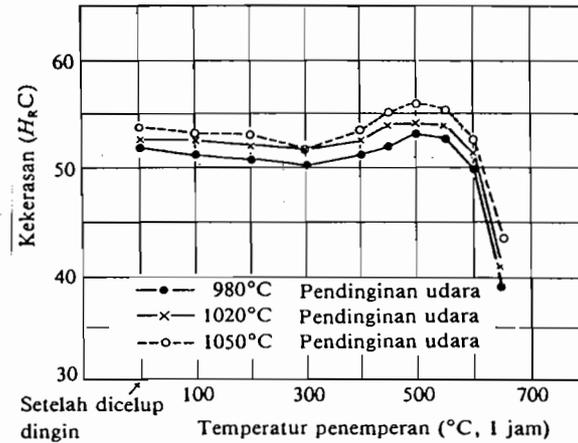
2.3.4.1. Pengaruh Unsur – Unsur Paduan Baja Perkakas Panas

Pada dasarnya baja perkakas panas digolongkan dalam empat golongan yaitu baja perkakas panas yang diperkuat oleh Cr, Mo, W dan baja perkakas panas yang diperkuat oleh presipitasi.

1) Baja perkakas panas yang diperkuat dengan Cr

Baja ini mempunyai mampu keras yang baik, jadi meskipun ukurannya besar, dapat dikeraskan dengan udara. Ketahanan pada temperatur tinggi sedikit kurang dibandingkan baja yang diperkuat dengan W. Tapi mempunyai ketahanan yang baik terhadap pemanasan berulang, dan pendinginan berulang dan sangat ulet. Kalau V ditambah 1% ketahanan pelunakan karena penemperan menjadi lebih tinggi jadi ketahanan panas dan tahanan kerugian karena fusi logam yang cair dapat diperbaiki. Dengan menambahkan 1% W kekuatan panasnya dapat diperbaiki.

Komposisi kimia (%)	C	Si	Cr	Mo	V
	0,37	1,07	5,10	1,41	1,00



Grafik 3. Kekerasan temper baja perkakas Cr

2). Baja perkakas panas yang diperkuat dengan Mo

Baja ini sangat mudah dikeraskan dengan pendinginan udara. Sifat - sifatnya ada di antara sifat baja yang diperkuat Cr dan W. lebih kuat daripada tipe W dalam keadaan panas dan mempunyai keuletan yang lebih baik. Tetapi baja ini mudah mengalami dekarburasi.

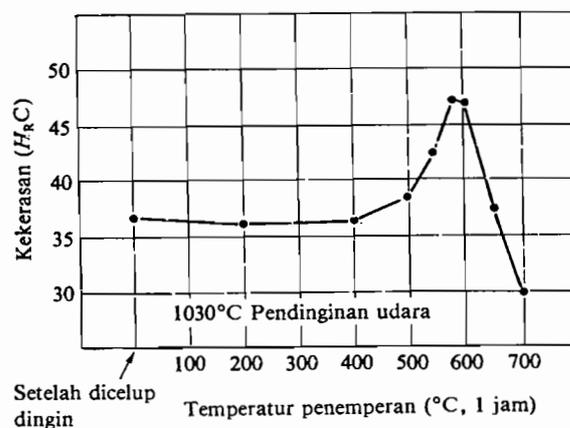
3). Baja perkakas yang diperkuat dengan W

Mampu keras baja ini kurang baik tetapi dapat dikeraskan dengan pendinginan udara. Ketahanan pelunakan lebih baik pada temperatur tinggi tetapi kalau W bertambah konduktivitas panasnya berkurang menyebabkan lemah terhadap kelelahan thermal. Dalam tipe ini telah dibuat baja yang ditambah dengan Co dengan maksud untuk memperbaiki kekuatan panas dan ketahanan impak.

4). Pengerasan presipitasi baja perkakas panas

Setiap baja perkakas dapat mengalami pengerasan kedua pada waktu penemperan, hal ini hanya terjadi sedikit pada ketiga macam baja di atas. Tetapi baja tersebut mempunyai kekerasan yang rendah setelah dikeraskan, sementara itu pengerjaan permesinan dapat dilakukan dengan mudah. Dengan presipitasi setelah permesinan kekerasannya meningkat sangat tinggi. Pada umumnya baja tersebut ditemper sampai pada kekerasan yang lebih rendah daripada kekerasan maksimum dan presipitasi berlanjut pada permukaan sehingga menjadi lebih keras. Pada pengerasan presipitasi, kekerasan baja lainnya lebih rendah dan ketahanan ausnya juga kurang dibandingkan dengan baja tipe Cr.

Komposisi kimia (%)	C	Si	Mn	Ni	Mo	Cr
	0,19	0,30	0,30	3,2	3,1	0,2



Grafik 4. Kekerasan temper pengerasan presipitasi

2.3.5. Baja Kecepatan Tinggi (HSS)

Baja kecepatan tinggi mempunyai kekerasan panas dan ketahanan aus yang sangat baik disamping mempunyai sifat - sifat mekanik yang cukup baik, dengan demikian baja ini bukan hanya dipergunakan sebagai bahan perkakas pemotong yang umum, tetapi juga untuk cetakan, rol, bagian mesin yang harus tahan aus dan berbagai macam perkakas lainnya. Baja kecepatan tinggi ditetapkan oleh standar yang hampir sama di semua negara.

Tanda		Komponen kimia (%)						Perlakuan panas (°C)				Kekerasan temper (H _R C)	Penggunaan
JIS	AISI	C	Cr	Mo	W	V	Co	Dipelup dingin		Ditemper			
SKH2	T1	0,70	3,80	—	17,00	0,80	—	1260	OC	550	AC	≥ 62	Perkakas pemesinan umum dan lainnya.
		-0,85	4,50	—	-19,00	-1,20	—	1300		-580			
SKH3	T4	0,70	3,80	—	17,00	0,80	4,50	1270	"	560	"	≥ 63	Perkakas pemesinan berat kecepatan tinggi dan lainnya.
		-0,85	4,50	—	-19,00	-1,20	-5,50	-1310		-590			
SKH4B	T6	0,70	3,80	—	18,00	1,00	14,00	1300	"	580	"	≥ 64	Perkakas untuk pemesinan yang keras.
		-0,85	4,50	—	-20,00	-1,50	-16,00	-1350		-610			
SKH10	T15	1,45	3,80	—	11,50	4,20	4,20	1200	"	540	"	≥ 64	Perkakas untuk pemesinan yang sangat keras dan lainnya.
		-1,60	4,50	—	-13,50	-5,20	-5,20	-1260		-580			
SKH53	M3-1	1,10	3,80	4,80	5,50	2,80	—	1200	"	540	"	≥ 63	Perkakas untuk pemesinan bahan keras yang memerlukan keuletan dan lainnya.
		-1,25	4,50	-6,20	-6,20	-3,30	—	1250		-570			

Catatan: OC: Pendinginan minyak, AC: Pendinginan udara

Tabel 4. Komponen kimia baja kecepatan tinggi (HSS)

2.3.5.1. Pengaruh Unsur – Unsur Paduan Baja Kecepatan Tinggi (HSS)

Unsur - unsur paduan pada baja kecepatan tinggi sangat berpengaruh pada sifat - sifat yang dipunyai oleh baja. Untuk baja kecepatan tinggi unsur paduannya dapat digolongakan sebagai berikut:

1) C (karbon)

Dalam keadaan dikeraskan, sebagian C larut padat dalam matriks sebagian lain dalam bentuk senyawa dengan W, Cr dan V. C adalah unsur yang penting bagi baja kecepatan tinggi . Kalau kadar C rendah akan mengakibatkan pengerasan kedua yang kurang dan sebaliknya kalau kadar C terlalu tinggi akan menurunkan titik cair. Kalau temperatur pengerasan tidak diturunkan akan mengakibatkan struktur eutektik dan sangat getas. Kadar C harus diimbangi oleh unsur - unsur lainnya.

2) Cr (krom)

Cr memperbaiki mampu keras dan memberikan unjuk kerja pemotongan yang terbaik pada prosentase 3.5 sampai 5%

3) W (wolfram)

Sebagian W memberikan karbida ganda dengan C yang menghasilkan ketahanan aus, sebagian W larut padat dalam matriks dan meningkatkan mampu keras kedua penemperan.

4) Mo (molibden)

Mo hampir mempunyai sifat yang sama dengan W. Karbida Mo lebih halus daripada karbida W, mudah berbentuk bulat dan mempunyai keuletan

yang baik. Tetapi mudah terdekarburisasikan dan membuat daerah temperatur perlakuan panas sempit, jadi pengontrolan panas yang tepat.

5) V (vanadium)

V mempunyai karbida yang sangat keras. Diperlukan perbandingan V dan C yang sangat kwantitatif.

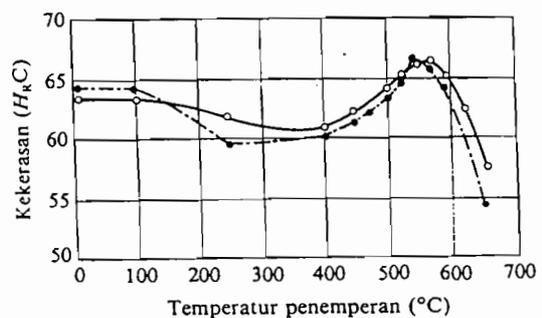
6) Co (cobalt)

Co tidak membentuk karbida, jadi lebih efektif untuk meningkatkan jumlah C di dalam matriks dan memperbaiki kekerasan setelah ditemper dan kekerasan panas demikian juga ketahanan baja.

Bahan kecepatan tinggi mempunyai temperatur pengerasan yang paling tinggi dibanding dengan baja - baja lainnya, jadi harus ada pengontrolan yang presisi terhadap lingkungan, kenaikan temperatur, dan waktu pencelupan. Selanjutnya perlu juga pengontrolan cara pendinginan setelah pengerasan seperti halnya telah dijaelaskan untuk baja perkakas. Kepresisian yang tinggi diperlukan pada perlakuan panas pada baja ini.

	Komposisi kimia (%)					
	C	Cr	W	Mo	V	Co
●	0,77	3,86	18,20	—	0,98	—
○	0,79	4,14	17,41	0,57	1,00	—

Ukuran batang uji (mm)	Perlakuan panas
15 mm ² × 10 mm 1/2 in ² × 90 mm	Didinginkan di minyak dari 1280°C, dan ditemper 1 jam tiga kali.



Grafik 5. Kekerasan temper baja HSS

2.4. Proses Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses pembentukan dengan tekanan logam ditekan melalui cetakan yang terbuka untuk menghasilkan bentuk penampang yang diinginkan.

2.4.1. Keuntungan dari Proses Ekstrusi

Keuntungan dari proses ekstrusi sangat banyak antara lain:

1. Variasi bentuk penampang sangat banyak, khususnya dengan proses ekstrusi panas, meskipun demikian batasan ukuran dari luas penampang harus seragam dengan panjang keseluruhan dari logam yang diekstrusi.
2. Struktur mikro dan propertise kekuatannya dinaikan pada proses ekstrusi panas dan dingin.
3. Toleransi yang presisi dapat dicapai khususnya pada proses ekstrusi dingin.
4. Di beberapa proses ekstrusi tidak ada material yang terbuang.

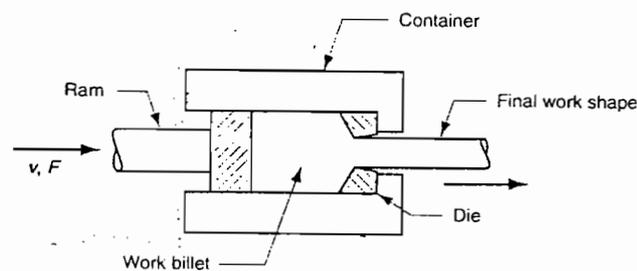
2.4.2. Macam – Macam Proses Ekstrusi

Ekstrusi menyediakan bermacam – macam cara, salah satu cara klasifikasi pengerjaannya adalah dengan melihat susunan fisiknya, ada dua prinsip cara pengerjaan yaitu ekstrusi langsung dan ekstrusi tidak langsung.. Klasifikasi lainnya dengan melihat temperatur kerja yaitu dingin, hangat, dan ekstrusi panas. Akhirnya ekstrusi dikerjakan dengan proses yang sama terus menerus dan dengan proses yang berbeda.

2.4.2.1 Ekstrusi Langsung dan Tidak Langsung

Ekstrusi langsung juga disebut ekstrusi maju . Biji besi dimasukkan ke dalam wadah dan sebuah penekan menekan bahan, penekanan mengalir

melalui satu atau lebih cetakan yang terbuka pada ujung yang berbeda pada wadah / kontainer. Selama penekan mendekati cetakan sebagian kecil bijih besi tidak dapat ditekan melalui cetakan terbuka. Bagian ekstra ini dinamakan *butt*, yaitu dipisahkan dari produk dengan memotongnya melebihi produk yang dihasilkan cetakan.

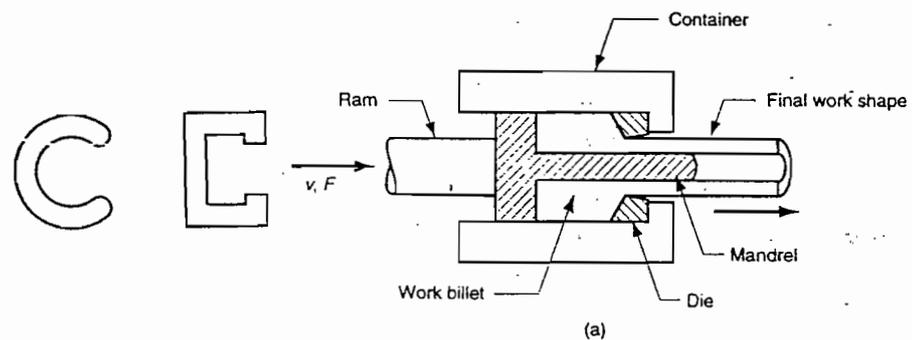


Gambar 1. Ekstrusi langsung

Satu masalah dalam ekstrusi langsung adalah pergesekan yang ada antara permukaan kerja dan dinding dari kontainer digerakan meluncur menuju cetakan terbuka. Pergesekan ini disebabkan oleh kenaikan oleh tenaga penekan yang dibutuhkan dalam ekstrusi langsung. Dalam ekstrusi panas, masalah gesekan diperburuk oleh kehadiran lapis oksida dalam permukaan bijih besi. Lapis oksida ini dapat menyebabkan kerusakan dalam hasil ekstrusi. Untuk mengetahui masalah sebuah blok model yang sering digunakan antara penekan dan bijih besi. Diameter blok model lebih kecil dibanding diameter bijih besi, sehingga cincin sempit dari kerja baja

(kebanyakan lapis oksida) sebelah kiri wadah meninggalkan produk akhir yang bebas oksida.

Bagian berlubang misalnya pipa yang mungkin dalam proses ekstrusi langsung dengan proses seperti gambar di bawah.



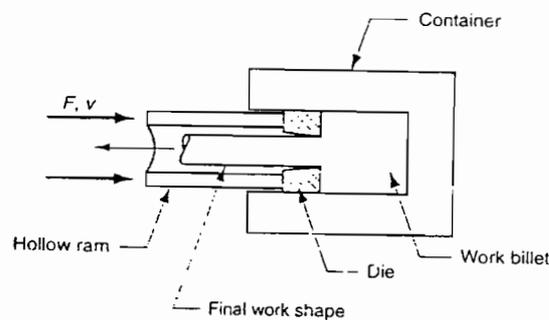
Gambar 2. Ekstrusi langsung untuk benda berlubang

Bijih besi permulaan dipersiapkan dengan lubang paralel kesumbunya. Persediaan lintasan ini dari sebuah penjepit yang menempel pada model balok. Selama bijih besi ditekan, bahan digerakan mengalir melalui jarak ruangan antara penjepit dan cetak terbuka. Hasil dari bagian penyilangan itu adalah pipa baja. Bentuk penampang semi berlubang biasanya dieks

trusi dengan cara yang sama. Bijih besi permulaan mengelilingi penampang, tapi bentuk akhir ditentukan oleh bentuk dari cetakan terbuka. Jadi jelas ukuran terbesar dari cetakan terbuka harus lebih kecil dari diameter dari bijih besi. Macam – macam bentuk penampang mungkin dikerjakan dalam ekstrusi langsung.

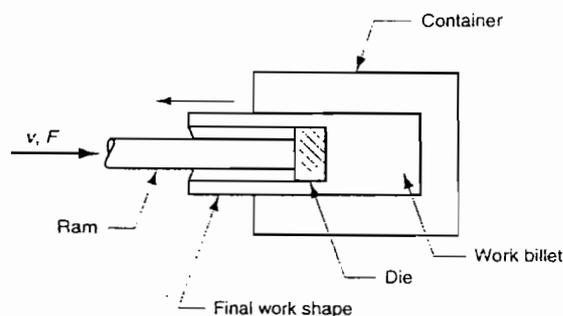
Dalam ekstrusi tidak langsung juga disebut ekstrusi mundur dan ekstrusi terbalik. Cetakan ditekan oleh penekan keujung yang lain dari wadah, selama penekan bekerja, baja ditekan mengalir melalui celah

ruangan dalam arah yang berlawanan dari penekan. Sejak bijih besi tidak digerakkan dari wadah, tidak ada gesekan dari dinding wadah dan tenaga dari penekan lebih rendah dari ekstrusi langsung, pembatasan dari ekstrusi tidak langsung adalah ditentukan dengan kegetasan yang lebih rendah dari penekan berlubang dan dengan kesulitan dalam menyangga hasil ekstrusi yang dikeluarkan dari cetakan.



Gambar 3. Ekstrusi tidak langsung

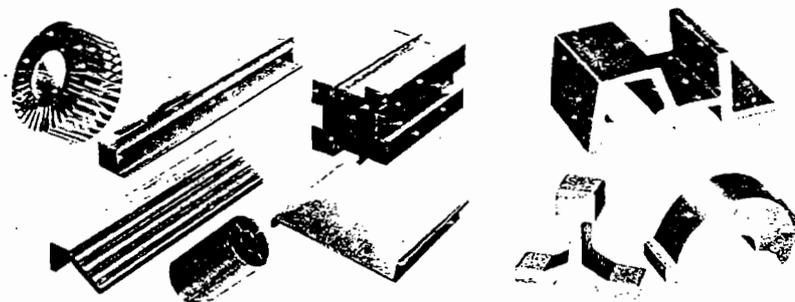
Ekstrusi tidak langsung dapat menghasilkan bagian penampang yang berlubang (pipa baja). Dalam metode ini penekan ditekan kedalam bijih besi. Penekanan bahan untuk mengalir mengelilingi penekan dan membentuk bentuk mangkok. Ada beberapa pembatasan praktis pada bagian panjang ekstrusi yang dapat dibuat pada bagian ini. Penyangga dari penekan yang menjadi masalah bila panjang kerja yang bertambah.



Gambar 4. Ekstrusi tidak langsung untuk benda berlubang

2.4.2.2. Ekstrusi Panas dan Dingin

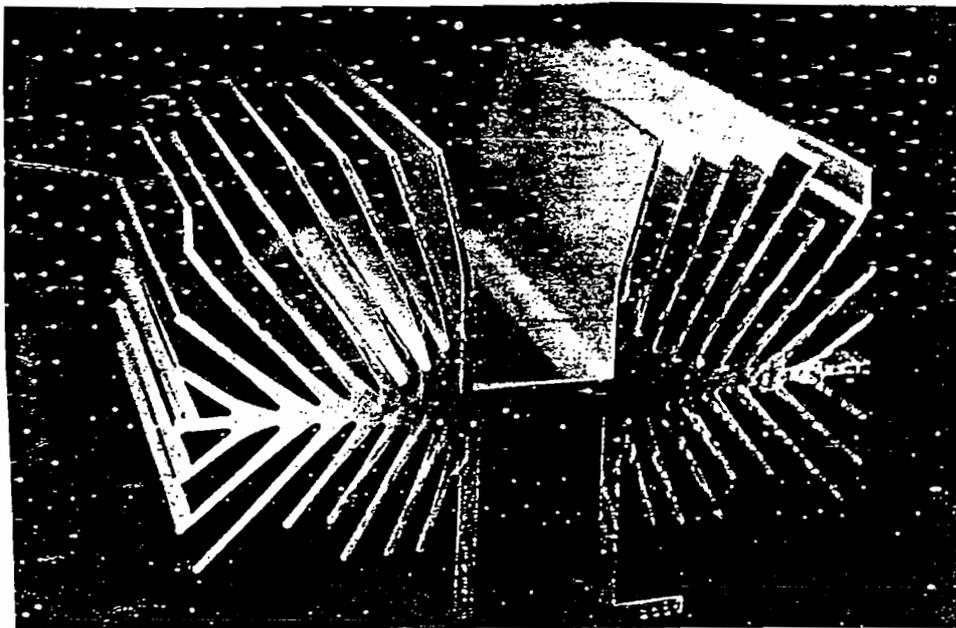
Ekstrusi dapat dikerjakan dengan cara panas atau dingin, tergantung dari baja kerja dan kuantitas dari tegangan merupakan pokok selama deformasi. Tipe baja yang termasuk dalam ekstrusi panas adalah Aluminium, Tembaga, Magnesium, Timah, Seng dan campurannya. Baja – baja ini kadang – kadang diekstrusi dingin, baja campuran biasanya diekstrusi panas, walaupun lebih lunak kadang – kadang baja dengan kualitas keuletan yang lebih baik diekstrusi dingin (sebagai contoh, baja karbon rendah dan Stainless Steel). Banyak Aluminium dibuat dengan cara ekstrusi panas dan dingin (misalnya, bentuk – bentuk struktural , bingkai pintu dan jendela).



Gambar 5. Bentuk – bentuk benda hasil ekstrusi

Ekstrusi panas meliputi pemanasan bijih besi lebih dahulu pada suhu di atas suhu kristalisasi ulang. Hal ini mengurangi kekuatan dan menambah kerapuhan baja, ukuran pengeluaran yang lebih ekstrim diperbolehkan dan bentuk – bentuk yang lebih kompleks dapat dicapai pada proses ini. Tambahan keuntungan termasuk pengurangan kekuatan

penekan, menaikkan kecepatan penekan dan pengurangan karakteristik aliran bijih besi pada produk akhir. Pendinginan dari bijih besi selama bersentuhan dengan dinding wadah merupakan sebuah masalah, ekstrusi Isothermal kadang digunakan untuk mengatasi masalah ini. Pelumasan adalah penting dalam ekstrusi panas untuk beberapa logam (sebagai contoh, baja) dan pelumas khusus telah dikembangkan efektif di bawah kondisi yang kasar dalam ekstrusi panas. Kaca kadang – kadang digunakan sebagai pelumas dalam ekstrusi panas di samping untuk mengurangi pergesekan juga menyediakan isolasi panas yang efektif antara bijih besi dan wadah ekstrusi.



Gambar 6. Penampang yang sulit hasil ekstrusi

Ekstrusi dingin dan hangat umumnya digunakan untuk menghasilkan bagian – bagian yang berlainan, sering bentuk yang diselesaikan (atau hampir selesai). Istilah ekstrusi impact digunakan indikasi ekstrusi dingin

kecepatan tinggi. Beberapa keuntungan penting dalam ekstrusi dingin termasuk meningkatkan kekuatan untuk meningkatkan kekerasan, toleransi yang presisi, menaikkan kualitas permukaan akhir, tidak adanya lapisan oksida dan skala produksi yang tinggi. Ekstrusi dingin pada suhu ruangan juga menghilangkan kebutuhan pemanasan bijih besi permulaan.

2.4.2.3. Proses Terus – Menerus dan Proses yang Berlainan

Proses terus - menerus yang benar digerakan dalam cara tetap untuk waktu yang tak tentu. Beberapa ekstrusi digerakan mendekati ideal dengan memproduksi bagian yang sangat panjang dalam satu putaran, tapi operasi ini pada akhirnya dibatasi oleh ukuran dari bijih besi yang dapat dimasukkan dalam wadah ekstrusi. Proses ini lebih akurat dibuat seperti produksi semi kontinue (setengah terus-menerus). Hampir pada semua kasus, bagian yang panjang dipotong menjadi lebih kecil pada sebuah operasi penggergajian atau pemotongan.

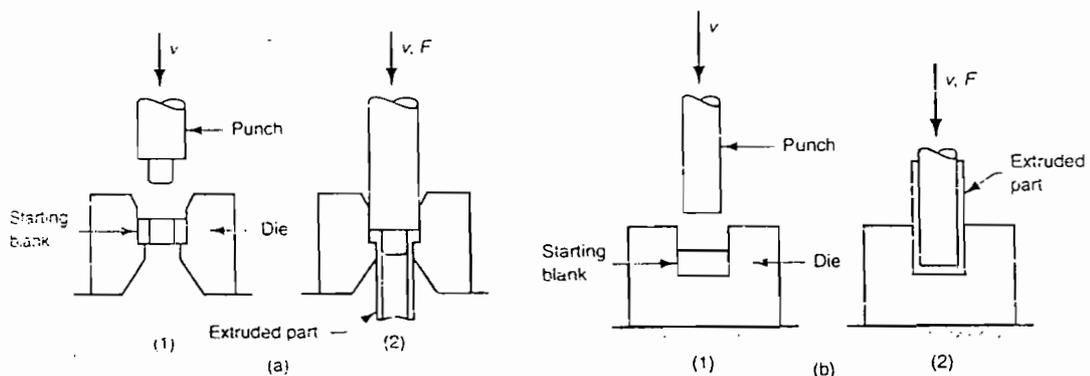
Dalam operasi sebuah ekstrusi yang berlainan, bagian yang satu diproduksi dalam tiap-tiap siklus ekstrusi. Ekstrusi impact adalah sebagai contoh dari kasus proses yang berlainan.

2.4.3. Proses – Proses Ekstrusi yang lain

Ekstrusi langsung dan ekstrusi tidak langsung adalah metode yang pokok dari ekstrusi, beberapa variasi nama yang diberikan untuk pengoperasian kasus yang khusus dari metode langsung dan tidak langsung termasuk disini. Operasi ekstrusi yang lain adalah unik. Dalam bagian ini kita menguji beberapa bentuk khusus dari ekstrusi dan dihubungkan dengan proses.

2.4.3.1. Ekstrusi Impact

Ekstrusi impact adalah dibentuk pada kecepatan yang lebih tinggi dan langkah yang lebih pendek dari ekstrusi konvensional.. Ini digunakan untuk membuat komponen tunggal, seperti nama yang diberikan. Pons memukul bagian kerja, lebih dari aplikasi tekanan sederhana pada benda kerja. Pemukulan dapat disediakan seperti ekstrusi maju, ekstrusi mundur, atau kombinasi dari ini.

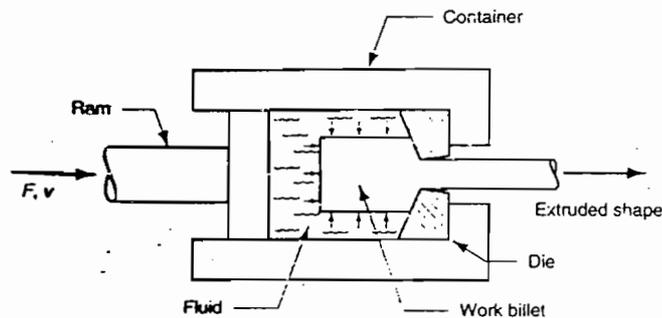


Gambar 7. Contoh ekstrusi impact

Ekstrusi impact biasanya dikerjakan dingin dalam bermacam-macam logam. Ekstrusi impact mundur biasanya yang banyak dalam pembuatan produk yang termasuk dalam proses ini adalah pembuatan tabung pasta gigi dan tempat baterai. Seperti ditunjukkan pada contoh-contoh ini, dinding-dinding yang sangat tipis mungkin dikerjakan pada ekstrusi impact. Sifat dari kecepatan yang tinggi dari impact memungkinkan keluaran yang besar dan skala produksi yang tinggi, membuat ekstrusi impact ini penting dalam proses komersial.

2.4.3.2. Ekstrusi Hidrostatik

Salah satu masalah dalam ekstrusi langsung adalah gesekan antara bijih besi dan wadah. Masalah ini dapat ditunjukkan dari area sekitar bijih besi dengan cairan yang ada didalam wadah dan penekanan cairan pada gerakan maju dari penekan. Cara ini tidak ada gesekan dalam wadah dan gesekan dalam cetakan terbuka dikurangi. Sebagai akibat, kekuatan penekan lebih rendah daripada dalam ekstrusi langsung. Penekanan cairan pada semua permukaan dari bijih besi memberikan nama prosesnya. Hal ini menyediakan pada suhu ruangan atau pada suhu yang lebih tinggi. Ekstrusi hidrostatik adalah adaptasi dari ekstrusi langsung.



Gambar 8. Ekstrusi hidrostatik

Tekanan hidrostatik dalam kerja menambah keuletan bahan. Dengan demikian, proses ini dapat digunakan pada logam yang terlalu rapuh untuk operasi ekstrusi konvensional. Logam-logam rapuh dapat juga diekstrusi hidrostatik dan rasio pengurangan yang tinggi adalah mungkin untuk bahan-bahan ini. Satu kekurangan dari proses ini adalah pengolahan wajib dari permulaan kerja bijih besi. Bijih besi harus dibentuk meruncing



kedalam sudut masuk cetakan. Ini dibuat sebagai lapisan untuk mencegah penyemprotan cairan keluar dari logam cetakan ketika wadah diberi tekanan udara permulaan.

2.4.4. Kerusakan – Kerusakan Dalam Produk Ekstrusi

1. Centerburst

Kerusakan ini adalah sebuah keretakan dalam yang disebabkan tekanan regangan disepanjang garis pusat selama kerja ekstrusi. Meskipun tekanan regangan mungkin kelihatan tidak menyenangkan dalam sebuah proses penekanan seperti ekstrusi, mereka cenderung terjadi di bawah kondisi yang menyebabkan pergeseran yang besar dalam area kerja dari poros. Pergerakan bahan yang lebih besar di luar area jangkauan bahan sepanjang pusat dari poros, jika tekanan cukup besar terjadi centerburst.

Kondisi yang meningkatkan centerburst adalah sudut cetakan yang lebih tinggi, rasio ekstrusi rendah dan kerusakan dalam kerja logam yang disediakan selama titik permulaan untuk kerusakan celah. Aspek kesulitan dari centerburst adalah deteksinya. Hal itu adalah sebuah kerusakan dalam yang biasanya tidak kelihatan dengan observasi visual. Nama-nama lain kadang digunakan untuk kerusakan ini termasuk patah ujung, retak pusat, dan *chevron cracking*.

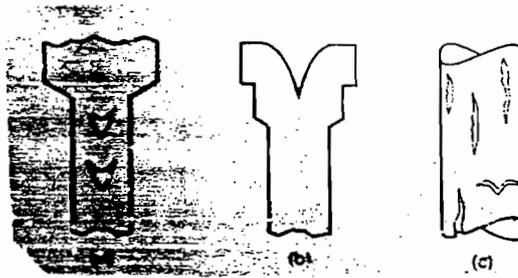
2. Pemipaan

Pemipaan adalah sebuah kerusakan yang diasosiasikan dengan ekstrusi langsung. Hal ini adalah bentuk dari sebuah lubang yang terbenam pada akhir batang besi. Penggunaan blok model dengan diameter yang lebih kecil dari

batang besi akan membantu mengurangi pemipaan. Nama lain dari pemipaan adalah ujung pipa dan ekor ikan.

3. Retak dipermukaan

Kerusakan ini dikarenakan temperatur kerja tinggi. Retak di permukaan sering terjadi jika kecepatan ekstrusi terlalu tinggi dan penurunan panas yang tidak penuh. Faktor lain yang mendukung terjadinya retak di permukaan adalah gesekan yang tinggi dan pendinginan permukaan dari temperatur tinggi pada ekstrusi panas.



Gambar 9. Kerusakan – kerusakan pada hasil ekstrusi

2.5. Macam – Macam Pengujian Bahan

2.5.1. Pengujian Tanpa Merusak Bahan

2.5.1.1. Pengujian Ketukan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan suatu bahan ataupun mengetahui kualitas suatu bahan. Dengan jalan diketuk, kemudian suaranya didengarkan atau memakai alat osilograf. Bahan yang retak mengeluarkan suara yang berbeda dengan bahan yang utuh. Bahan yang kekerasannya tinggi akan mengeluarkan suara yang nyaring sebaliknya bahan yang kekerasannya rendah akan mengeluarkan suara yang tidak nyaring. Keuntungan dari pengujian ini adalah alat yang dipakai sangat sederhana.

2.5.1.2. Pengujian Kekerasan Brinell

Sebagai dasar pengukuran kekerasan digunakan deformasi yang terjadi oleh penetrator bola baja yang telah dikeraskan dan ditekan ke dalam benda uji dengan beban dan waktu tertentu.

Kekerasan Brinell yang disingkat HB atau BHN (Brinell Hardness Number) yang besarnya dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{BHN} = \frac{P}{0.5\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

Dengan: P = Beban (Kg)

D = Diameter bola baja (mm)

d = Diameter jejak (mm)

Besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

- a. Diameter penetrator
- b. Jenis logam benda uji

Diameter penetrator yang digunakan tergantung pada tebal benda uji dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini :

Tebal Benda Kerja (mm)	Diameter Penetrator (mm)
1 - 3	D = 2.5
3 - 6	D = 5
> 6	D = 10

HB rata - rata	P/D ²	Bahan
160	30	Baja, Besi Cor
160 - 80	10	Kuningan, Logam campur Cu
80 - 20	5	Aluminium, Tembaga

Diameter Penetrator D [mm]	P/D ² = 30	P/D ² = 10	P/D ² = 5
	Gaya [kg]		
2.5	31.25	62.5	187.5
5	125	250	750
10	500	1000	3000

Kekurangan-kekurangan pengujian Brinell :

1. Bila bola baja kurang keras, maka pengujian kurang tepat
2. Bekas injakan kadang-kadang terlalu besar
3. Di sekitar bekas penekanan terjadi kenaikan permukaan benda uji sehingga mengurangi ketelitian pengukuran bekas injakan.

2.5.1.3. Pengujian Magnefluks

Pengujian ini disebut juga percobaan magnetografis atau magnefluks (*Magnetic Particle Inspection*) . Tujuannya adalah untuk mengetahui cacat bahan, misalnya retak, rongga penyusutan ataupun permukaan. Bahan yang diperlukan harus dibuat bersifat magnet, misalnya besi dan baja.

Benda yang akan diselidiki dijadikan magnet terlebih dahulu dengan aliran listrik. Serbuk besi halus ditaburkan pada bagian yang akan diperiksa. Bila terdapat keretakan serbuk besi akan menumpuk pada bagian yang retak. Peristiwa ini dapat terjadi karena bagian yang retak akan timbul kutub-kutub magnet baru. Kutub magnet inilah yang menarik serbuk besi. Bila keretakan melintang, garis gaya magnet harus dibuat memanjang. Tetapi bila keretakan diperkirakan memanjang, garis gaya harus dibuat melingkar.

2.5.1.4. Pengujian Vickers

Pengujian dengan menggunakan metode vickers adalah pengujian dengan piramida intan. Kekerasan benda uji dengan vickers ini tergantung pada panjang diagonal bekas injakan. Diagonal bekas injakan biasanya

diukur dengan bantuan mikroskop optik. Sudut antara dua bidang sisi piramida adalah 136° .

Pengujian Vickers menggunakan rumus :

$$\text{Kekerasan Vickers} = \text{HV} = \frac{1.8544F}{D^2} \quad [\text{N/mm}^2] \text{ atau } [\text{kg/mm}^2]$$

Dengan :

F = Beban yang bekerja pada penetrator

D = Diameter bekas injakan

2.5.1.5. Pengujian Rockwell

Sebagai penetrator digunakan :

1. Bola baja dikeraskan dengan diameter 1/16 inci, yang dinyatakan dengan skala B (*ball*) yang lebih dikenal dengan kekerasan RB
2. Kerucut intan dengan sudut puncak 120° dengan pembulatan pada ujungnya dengan radius pembulatan 0,2 mm dan selanjutnya dinyatakan dengan skala C (*cores*)

Yang dilakukan dalam pengujian Rockwell adalah :

1. Mengukur adanya penetrator masuk kedalam benda uji (bukan luas penampang injakan)
2. Menggunakan beban awal dan beban utama, maka kekerasan benda uji dimulai saat penggunaan beban utama.
3. Pengujian terhadap bahan yang lunak, penetrator masuk lebih dalam dibandingkan dengan bahan keras.

Keuntungan dari pengujian Rockwell dibanding dengan Brinell adalah sebagai berikut :

1. Bekas injakan penetrator lebih kecil, demikian dengan beban yang digunakan.
2. Pembacaan harga kekerasan lebih cepat.
3. Dapat digunakan untuk pengujian logam-logam keras.

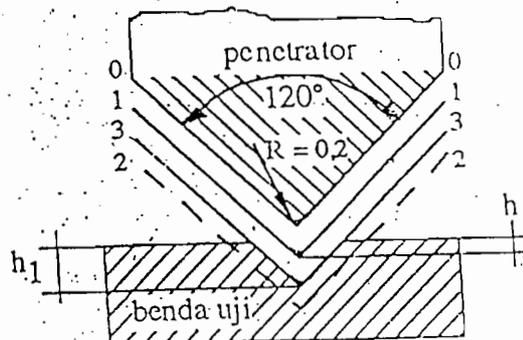
Kelemahan dari uji Rockwell adalah :

- Penunjukan harga kekerasan benda uji kurang tepat karena adanya sedikit debu antara benda uji dengan penetrator.
- Ukuran bekas injakan relatif kecil, karena itu perlu diketahui terlebih dahulu berapa kira-kira kekerasan bahan yang akan diuji untuk memilih dengan tepat penetrator yang akan digunakan.

Kekerasan Rockwell dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(R) = \frac{K \cdot (h_1 - h)}{C}$$

Prinsip pengujian kekerasan Rockwell dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 10. Prinsip pengujian kekerasan Rockwell

Dengan :

K = Konstanta

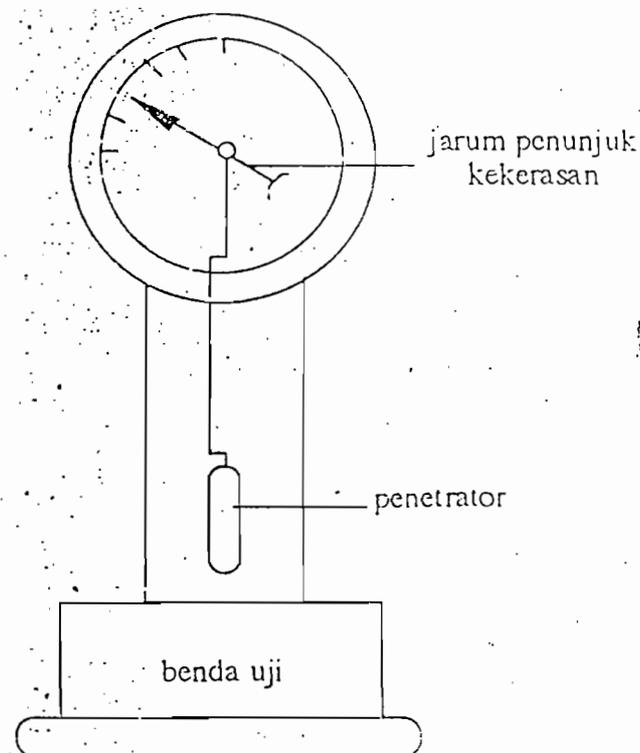
= 0,26 untuk penetrator bola baja

= 0,20 untuk penetrator kerucut intan

C = Harga penunjukan pembagian skala dial indikator untuk penekanan
penetrator = 0,002 mm.

2.5.1.6. Pengujian Kekerasan Sceleroscope dari Shore

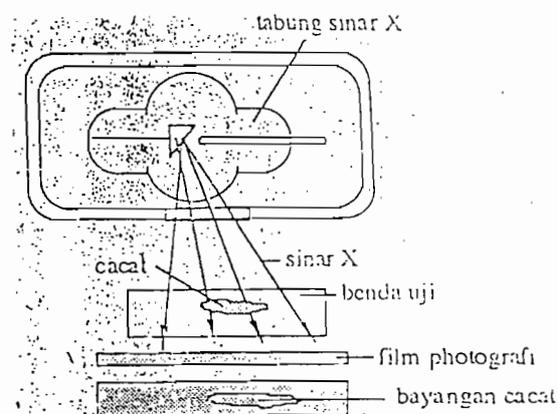
Pada permukaan benda uji dijatuhkan penetrator dengan berat tertentu yang pada ujungnya diberi intan. Jarak pantulan penetrator merupakan kekerasan benda uji. Pada benda uji tidak terdapat kerusakan yang berarti.



Gambar 11. Pengujian kekerasan scleroscope

2.5.1.7. Pengujian Sinar X

Tabung sinar X mengeluarkan radiasi sinar X yang akan melewati benda uji (logam) dan menimbulkan bayangan pada film fotografi yang terletak di belakang benda uji. Sinar X akan lebih mudah menembus daerah benda uji bersisi rongga udara, cacat atau retakan sehingga menghasilkan bayangan lebih gelap pada film fotografi.



Gambar 12. Pengujian sinar X

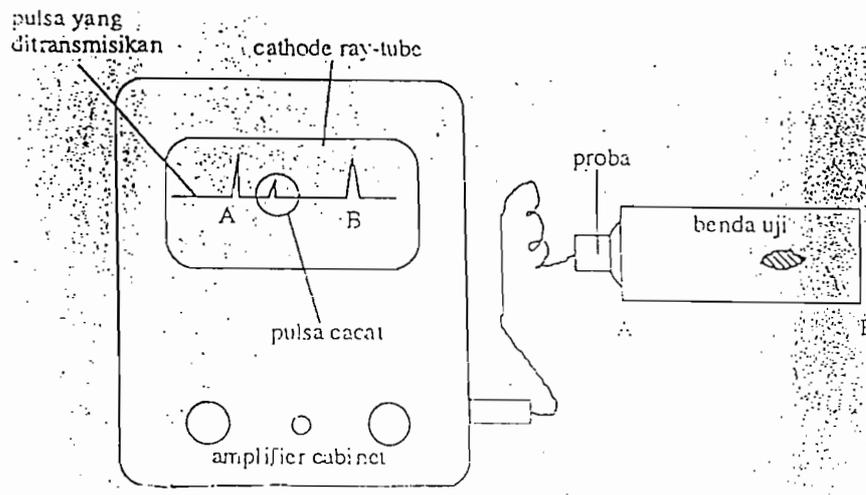
2.5.1.8. Pengujian Sinar γ

Sinar γ mempunyai kemampuan lebih besar dari sinar X sehingga mampu menembus logam (baja) relatif tebal. Sinar γ ini dapat menembus baja sampai setebal 1,5 meter.

2.5.1.9. Pengujian dengan Gelombang Ultrasonik

Pada pengujian ultrasonik, suatu gelombang frekuensi tinggi dirambatkan melalui benda uji dengan menggunakan alat yang dapat mengirim dan menerima gelombang suara yang dinamakan dengan “Proba”. Bila di dalam benda uji terdapat cacat, maka suara yang dikirim akan dipantulkan dan diterima kembali oleh proba. Penerimaan oleh proba

ini dapat ditunjukkan dengan menggunakan tabung sinar katoda (*cathode-ray tube*).



Gambar 13. Pengujian gelombang ultrasonik

2.5.1.10. Pengujian Zyglo

Bila benda uji tidak dapat dibuat bersifat magnet (benda uji non magnetis), maka pengujian magnetografis tidak dapat digunakan lagi untuk mengetahui adanya cacat permukaan benda uji. Untuk keperluan ini digunakan uji zyglo. Pada pengujian zyglo, mula-mula benda uji ditaburi / dilumuri *fluor*, lalu benda uji dikeringkan sehingga cairan *fluor* meresap kedalam cacat / retakan dan selanjutnya permukaan benda uji disapu / dibersihkan dengan zat yang dapat menyerap *fluor* dan akan terlihat bila benda uji dikenai sinar ultraviolet.

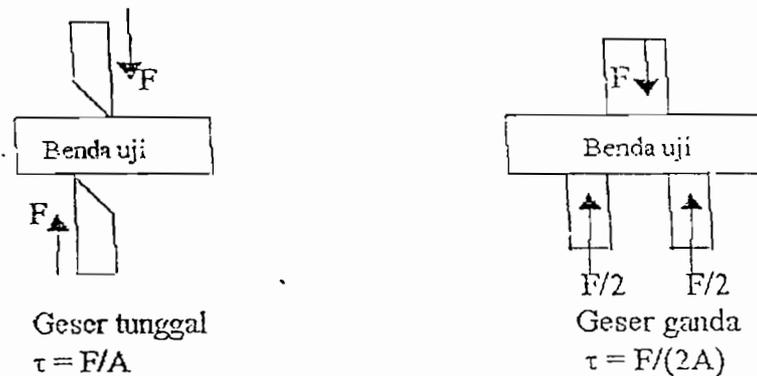
2.5.2. Pengujian dengan Merusak Bahan

2.5.2.1. Pengujian Geser

Pengujian geser ini benda uji mendapat pengaruh dari dua buah baban dengan arah saling berlawanan. Beban geser akan berusaha memutus benda uji pada penampang tertentu. Pengujian geser ini ada dua macam :

1. Pengujian geser tunggal
2. Pengujian geser ganda

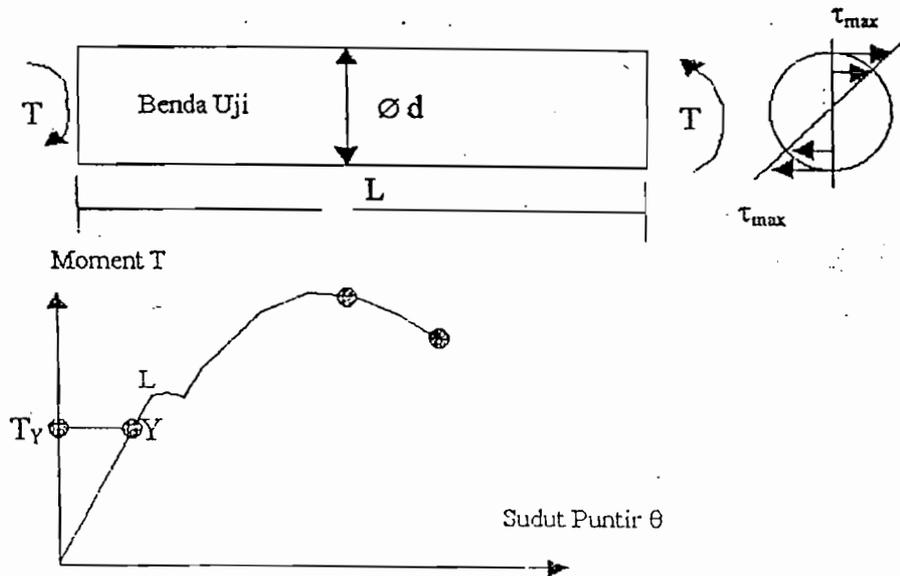
Pengujian geser ini beban geser biasanya terdapat pada paku dan baut.



Gambar 14. Pengujian geser

2.5.2.2. Pengujian Puntir

Pengujian puntir dilakukan terhadap benda uji dengan tujuan untuk mengetahui tegangan puntir benda uji. Pada uji puntir terdapat juga batas luluh dan batas patah benda uji seperti halnya uji tarik, tetapi pada uji puntir ini tidak terdapat kontraksi atau kecil sekali.



Grafik 6. Tegangan puntir

Tegangan puntir minimum terjadi pada titik netral (titik pusat penampang), sedangkan tegangan puntir maksimum terjadi pada sisi luar penampang benda uji. Dalam hal ini semakin jauh dari pusat penampang benda uji tegangan puntir semakin besar.

Benda berpenampang bulat dengan diameter d mendapat momen puntir sebesar T sehingga tegangan puntir yang terjadi adalah :

$$\tau_{pt} = \frac{T}{J/e} = \frac{T \cdot e}{J} = \frac{T \cdot (d/2)}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3}$$

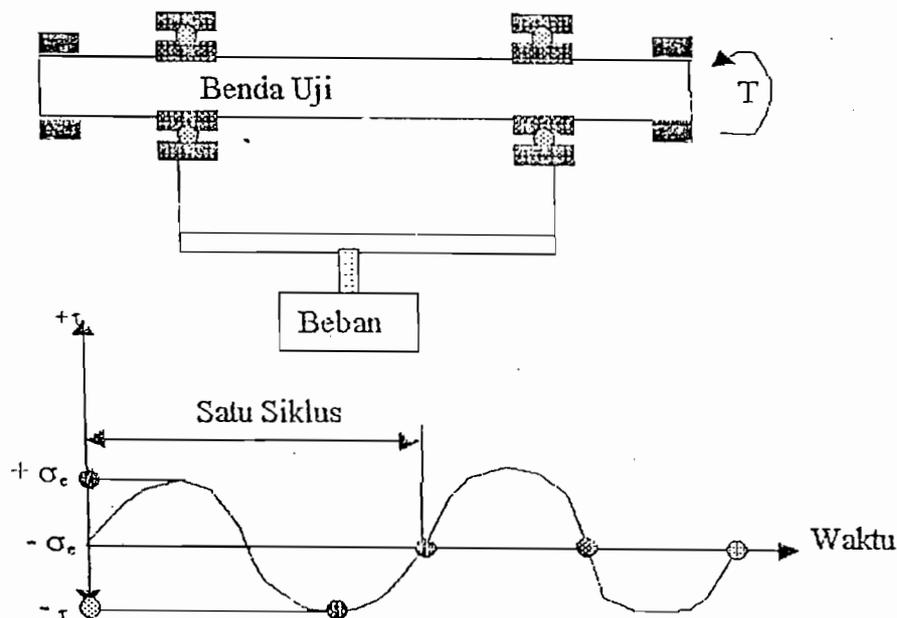
Dengan :

$$J = \text{Momen inersia polar penampang benda uji } J = \frac{\pi}{32} \times d^4$$

$$E = \text{Jarak titik pusat penampang ke permukaan luar benda uji } e = \frac{d}{2}$$

2.5.2.3. Pengujian Kelelahan (Fatigue Test)

Tegangan-tegangan benda uji yang diperoleh lewat pengujian tarik, pengujian geser, pengujian puntir didasarkan pada beban *steady – statis*. Dari pengujian tarik dan dan pengujian puntir terlihat bahwa jika pembebanan masih berada pada daerah elastis (*yielding*) benda uji maka benda uji tidak akan mengalami kerusakan. Tetapi dalam praktek sering dijumpai bahwa pembebanan tidak selalu dalam keadaan *steady statis*, melainkan dengan beban *non-steady /* beban dinamis yang besarnya bervariasi secara kontinue. Untuk lebih jelasnya prinsip pengujian kelelahan dapat dilihat pada gambar ini



Grafik 7. Pengujian kelelahan

Bila benda uji mendapat beban lengkung – puntir seperti gambar diatas dalam jangka waktu tertentu akan timbul tegangan lengkung bervariasi

secara kontinue dari harga maksimum (tekanan) ke harga maksimum (tarikan). Tegangan kelelahan limit benda tersebut didefinisikan sebagai harga maksimum tegangan lengkung yang dihasilkan selama percobaan berlangsung.

2.5.2.4. Pengujian Kejut (Impact Test)

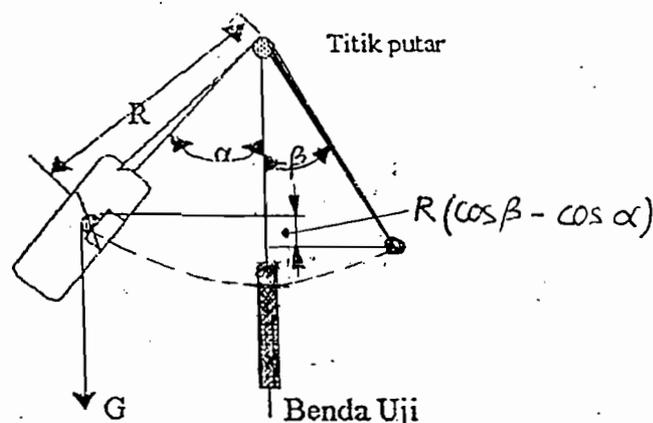
Pengujian kejut dilakukan guna mengetahui sifat liat atau getas benda uji. Pada uji kejut ini dibutuhkan tenaga untuk mematahkan benda uji dengan sekali pukulan. Alat pemukul yang digunakan berupa sebuah palu dengan berat tertentu. Benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran standart. Palu dengan berat tertentu (G) dijatuhkan dengan sudut α dan sisi pisau mengenai benda uji yang oleh karenanya benda uji akan patah dan kemudian palu akan berayun dengan sudut ayun β .

$$\text{Tenaga patch } W = G R (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ [kg m.]}$$

Dengan : G = Berat palu

R = Jarak titik putar sampai ke titik berat palu

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 15. Pengujian kejut

Untuk mengetahui keliatan suatu bahan maka dapat digunakan rumus sebagai berikut :

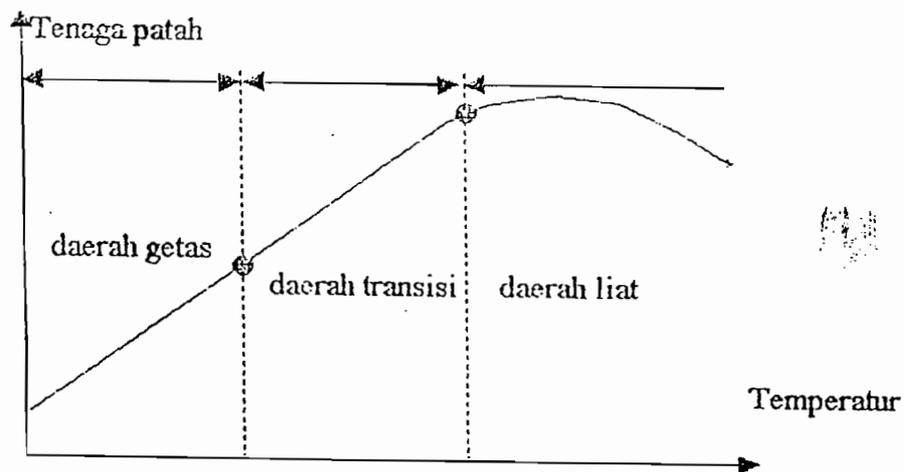
$$\text{Harga keliatan bahan} = \frac{\text{Tenaga patah (kg.m)}}{\text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}}$$

Harga keliatan suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti :

- a. Temperatur
- b. Bentuk benda uji
- c. Bentuk alur

Bentuk alur ini akan menyebabkan beberapa hal yaitu :

- a. Konsentrasi tegangan tinggi
- b. Terjadi lokalisasi energi patah
- c. Keliatan berkurang dan timbulnya sifat getas pada benda uji.



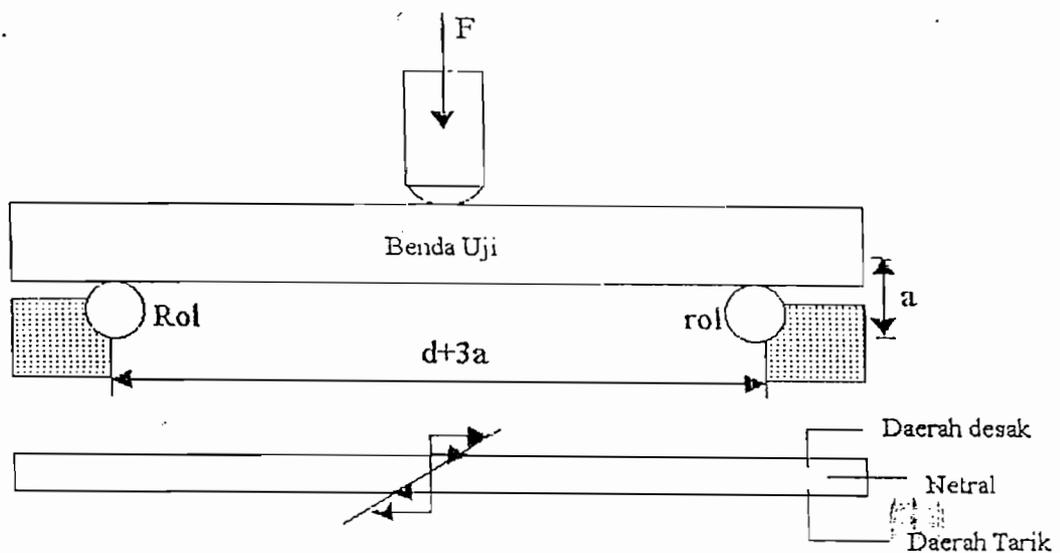
Grafik 8. Hubungan antara temperatur dan tenaga patah

2.5.2.4. Pengujian Lengkung

Pada pengujian lengkung biasanya menggunakan sebuah batang uji berdiameter 30 mm dengan panjang 200-600 mm. Gaya yang bekerja pada uji lengkung biasanya adalah gaya lengkung.

Gaya yang bekerja ditengah-tengah benda uji dan gaya ini akan mengakibatkan lengkungan pada benda uji. Pada bagian atas benda uji akan mengalami tekanan sedangkan bagian bawah mengalami tarikan sehingga bidang ini disebut bidang netral. Bagian bawah benda uji akan lebih dahulu mengalami kerusakan (bagian yang mengalami tarikan) dibanding dengan bagian atas benda uji (bagian yang mengalami tekanan). Hal ini memberikan suatu gambaran bahwa tegangan lengkung diijinkan (σ_{lk}) sama dengan tegangan tarik yang diijinkan (σ_t).

Untuk lebih jelasnya maka dapat kita lihat uji lengkung dibawah ini.

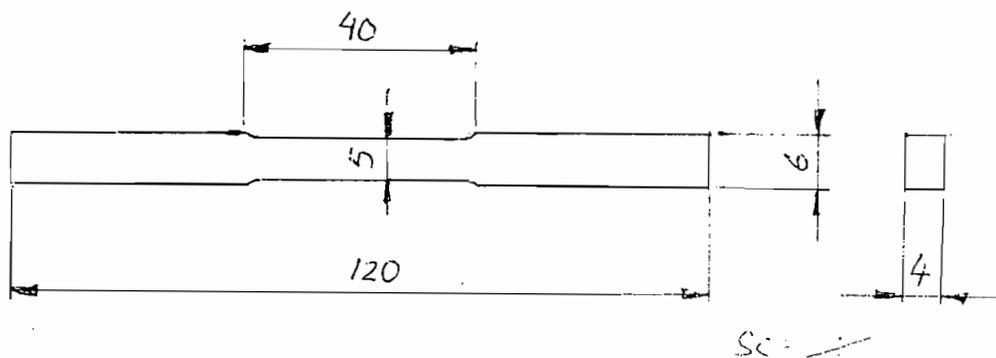


Gambar 16. Pengujian lengkung

2.5.2.6. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah penarikan bahan uji atau batang uji secara terus-menerus dengan gaya yang bertambah besar sampai batang uji putus. Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui / menentukan nilai-nilai tarik (kekuatan tarik bahan, regangan) dari besi tuang nodular.

Gambar sample uji tarik dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 17. Pengujian tarik

Pada pengujian tarik ini ukuran standart bahan sesuai dengan standart ASTM. Pada saat patah maka beban maksimum bahan dapat diketahui.

- Kekuatan tarik dari bahan dapat diketahui dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

dengan: σ = Kekuatan tarik [kg/mm²]

P = Beban [kg]

A = Luas penampang [mm²]

- Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda uji (L) disebut *regangan* (ϵ)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

Dengan:

ΔL = Pertambahan panjang benda uji

L_0 = Panjang mula-mula benda uji

- Tegangan patah (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_{\text{patah}}}{A_1 (\text{mm}^2)}$$

F = Gaya yang bekerja pada waktu benda uji patah [kg]

A_i = Luas penampang batang setelah patah [mm^2]

Kemudian perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dan penampang awal (sebelum pengujian) disebut *kontraksi* (Ψ)

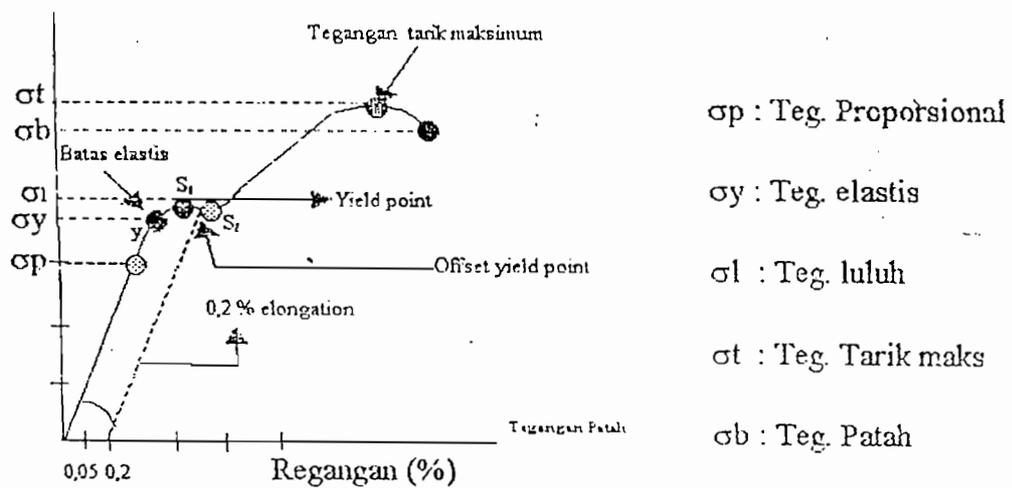
$$\Psi = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

Dengan: A_0 = Luas penampang awal benda uji

A_f = Luas penampang akhir benda uji

Hubungan antara tegangan yang timbul σ ($\sigma = F/A$) dan regangan yang timbul (ε) selama pengujian dapat digambarkan seperti grafik di bawah ini, titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsional dan titik E menunjukkan batas bila beban diturunkan ke nol lagi tidak terjadi perpanjangan dan disebut batas elastis. Titik Y sulit untuk ditentukan dengan tepat oleh karena itu biasanya

ditentukan batas elastis dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005 % sampai 0.01 %. Titik S_1 disebut titik luluh atas dan s_2 disebut titik luluh bawah. Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan sehingga dalam hal ini tegangan luluhnya biasanya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2 % seperti pada logam (σ_t) dan tegangan yang terjadi pada waktu patah disebut dengan tegangan patah (σ_b)

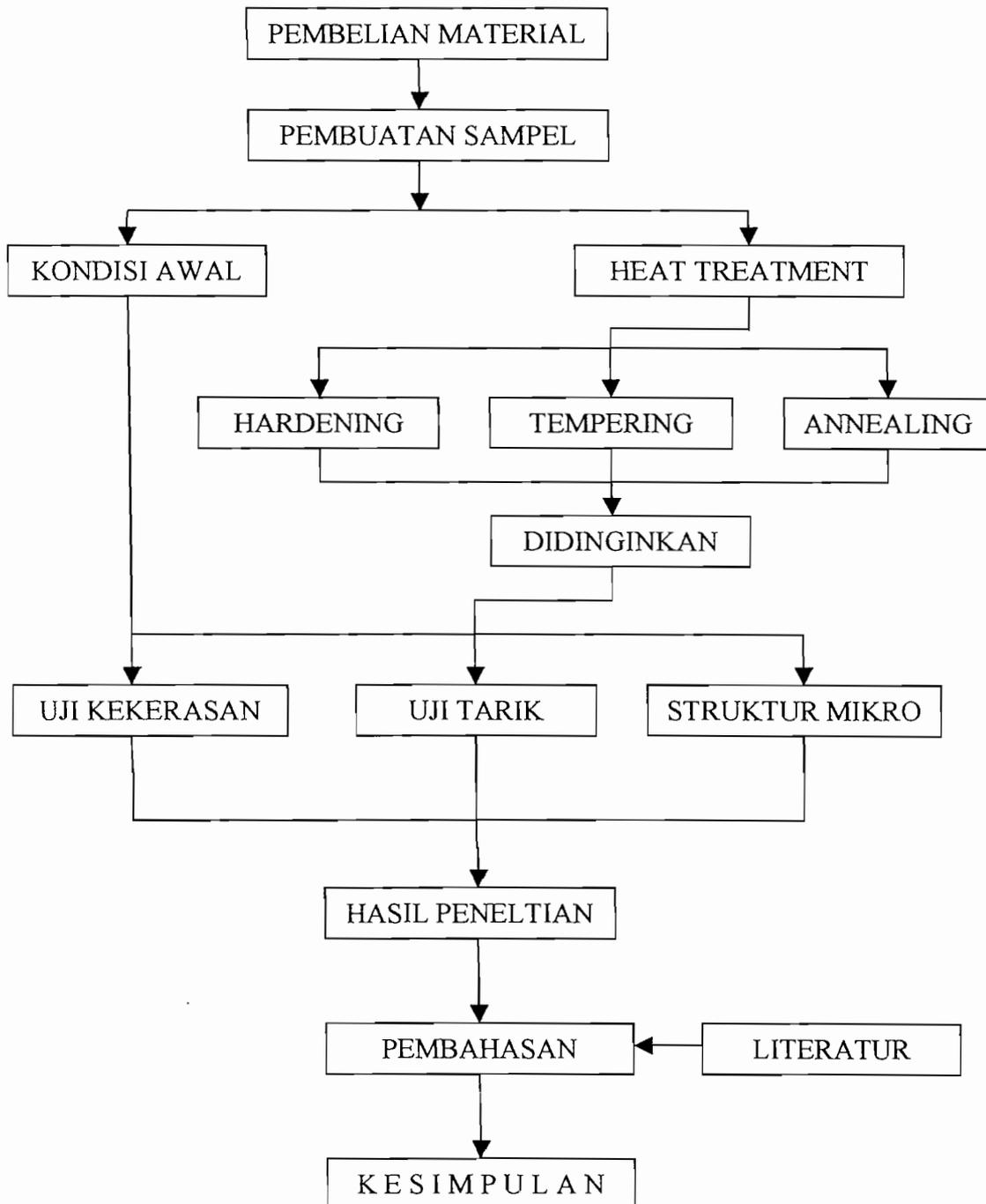


Grafik 9. Tegangan dan regangan

BAB III

CARA PENELITIAN DAN ALAT YANG DIGUNAKAN

3.1. Skema Penelitian



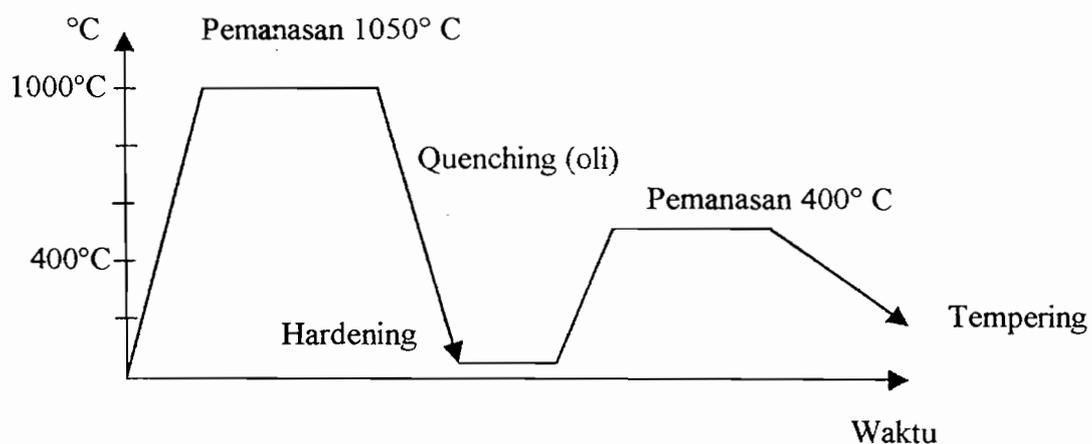
3.2. Persiapan Sampel

Sampel adalah baja Us – Ultra2 dari standar baja Bohler yang berjumlah 12 buah dengan ukuran 4x5x40, dengan perincian penelitian untuk pengujian sampel mula – mula berjumlah 2 buah dan setelah mengalami heat treatment (hardening, tempering dan annealing) sebanyak 9 buah (masing – masing 3 buah).

3.3. Perlakuan Panas (Heat Treatment)

3.3.1. Hardening

Tujuan hardening adalah untuk meningkatkan kekerasan dari sampel uji. Proses pemanasan sampai mencapai suhu 1050°C dan ditahan selama 30 menit agar suhu hardening dapat merata dari permukaan sampai ke dalam pusat sampel. Setelah itu sampel didinginkan cepat dengan media quenching oli. Dengan media quenching oli diharapkan tingkat kekerasan yang dicapai dapat lebih tinggi dibanding dengan pendinginan udara.



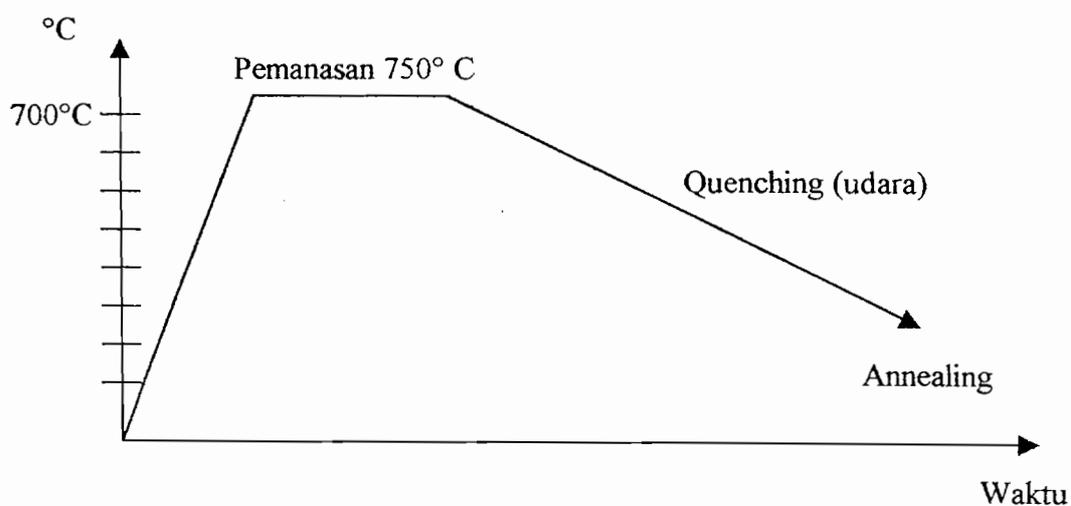
Grafik 10. Hardening dan tempering

3.3.2. Tempering

Tempering bertujuan untuk meningkatkan keuletan sampel setelah mengalami proses hardening dengan cara menurunkan tingkat kekerasan dari sampel dengan pemanasan ulang pada suhu 400°C ditahan selama 30 menit dan didinginkan perlahan pada media udara. Sebelum proses tempering dilakukan lebih dahulu dilakukan proses hardening pada sampel.

3.3.3. Annealing

Proses annealing dilakukan untuk menghilangkan tegangan – tegangan dalam sampel akibat pengerjaan sebelumnya pada proses permesinan. Pada proses Annealing ini sampel dipanaskan pada suhu 750°C dan didinginkan diudara secara perlahan – perlahan. Semua proses heat treatment dilakukan di laboratorium mekanik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.



Grafik 11. Annealing

3.4. Pengujian Kekerasan Rockwell

Sebagai dasar pengukuran kekerasan Rockwell adalah dalamnya penetrator kerucut intan 120° ke dalam benda kerja. Dalam hal ini penetrator piramida intan 120° ditekan ke dalam benda kerja dengan beban awal 10 kg kemudian beban penekanan 1417 N atau sekitar 140 kg baru ditambahkan. Adapun urutan proses pengujian adalah sbb:

1. Kalibrasi alat uji lebih dahulu.
2. Letakan sampel di meja uji dan tempelkan pada penetrator dengan memutar meja uji kekanan.
3. Berikan beban awal 10 kg dan beberapa saat.
4. Tambahkan beban pengujian 140 kg .
5. Lihat besar nilai kekerasan pada dial indikator.

3.5. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menarik sampel uji secara terus menerus dengan tegangan yang bertambah sampai sampel uji mengalami putus. Tujuan pengujian tarik ini adalah untuk mengetahui nilai kekuatan tarik maksimum, regangan patah / maksimum dll.

Urutan proses pengujian tarik yang dilakukan adalah sbb:

1. Bentuk sampel uji sesuai dengan ukurannya dan jepit pada alat penjepit pada mesin uji.
2. Tegangan tarik diberikan pada sampel uji, sehingga benda uji akan mengalami pertambahan panjang hingga akhirnya putus. Untuk tegangan tarik yang diberikan adalah sebagai berikut:

- Benda keadaan mula – mula adalah 4000 kg/mm²
 - Benda setelah proses heat treatment adalah 10000 kg/mm²
3. Catat beban tarik maksimum dari grafik yang tergambar secara otomatis dari mesin uji.
 4. Ukur pertambahan panjang sampel uji yang telah putus.

3.6. Uji Struktur Mikro

Pada pengujian ini, kualitas maupun bila ada cacat bahan dari sampel dapat dilihat dari struktur di bawah mikroskop. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop cahaya, tetapi bila perlu dapat digunakan mikroskop elektron dengan pembesaran yang lebih tinggi. Dalam hal – hal tertentu dapat digunakan mikroskop pirometri untuk mengamati perubahan – perubahan yang disebabkan oleh perubahan temperatur.

Urutan pengujian struktur mikro adalah sbb:

1. Amplas untuk menghaluskan permukaan dengan amplas nomor 600, 800, 1000 sampai halus.
2. Autosol permukaan untuk menghilangkan alur pengamplasan
3. Lakukan pengetsaan dalam larutan asam selama 30 detik, kemudian dimasukkan kedalam alkohol sambil digoyang – goyangkan.
4. Amati permukaan di bawah mikroskop kemudian diambil gambar yang terbaik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1. Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia digunakan untuk mengetahui unsur – unsur paduan dari sampel. Karena komposisi kimia dari sampel (baja Us – Ultra2) sudah diketahui lewat tabel dari Bohler, maka pengujian komposisi kimia tidak perlu dilakukan. Komposisi kimia dari baja Us – Ultra2 yaitu 0.39C, 1.00Si, 0.40Mn, 5.1Cr, 1.30Mo, dan 1.00V.

4.2. Hasil Pengujian

4.2.1. Pengujian Kekerasan Rockwell

4.2.1.1. Sampel Kondisi Mula - Mula

Data hasil pengujian kekerasan Rockwell adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1: Hasil Uji Kekerasan Kondisi Mula – Mula

No	F [kg]	HRC
1	150	12.5
2	150	12.7
3	150	13

Rata – rata: 12.73

4.2.1.2. Sampel Setelah Hardening

Data hasil pengujian kekerasan Rockwell adalah sebagai berikut:



Tabel 4.2: Hasil Uji Kekerasan Hardening Pada Suhu 1050° C

No	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	HRC5	HRC6	Rata-rata
1	47	47.5	47.5	47.5	47.1	47.8	47.4
2	47	47.5	48	47	46.5	47.2	47.2
3	46.5	47	46.4	47.2	46.4	47.2	46.78

Rata – rata : 47.13

4.2.1.3. Sampel Setelah Tempering

Data hasil pengujian kekerasan Rockwell adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3: Hasil Uji Kekerasan Tempering Pada Suhu 400° C

No	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	HRC5	HRC6	Rata-rata
1	44.5	45	44	44.5	44.5	44.8	44.55
2	45	44	44.5	44.2	45	44	44.45
3	44.5	44.2	44.6	44.2	45	44.6	44.51
4	44.5	44	44	44.5	44.5	44.2	44.28

Rata – rata: 44.45

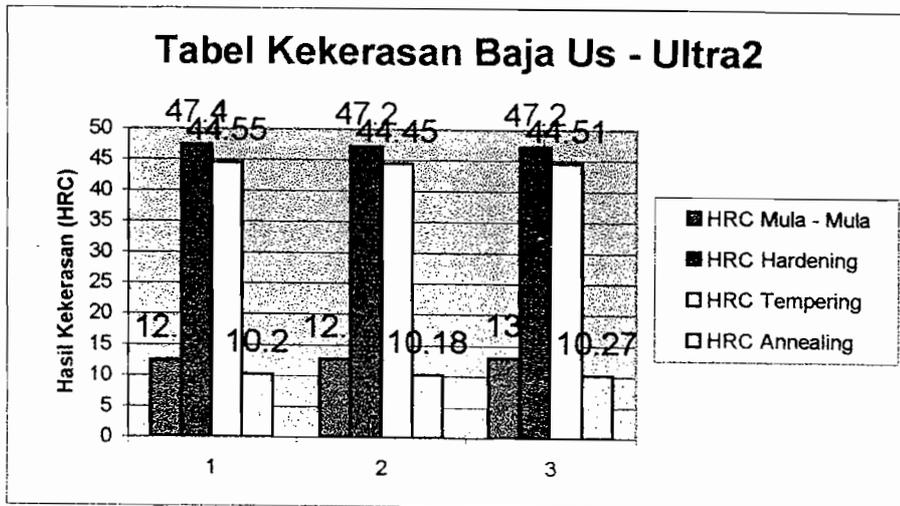
4.2.1.4. Sampel Setelah Annealing

Data hasil pengujian kekerasan Rockwell adalah sebagai berikut

Tabel 4.4: Hasil Uji Kekerasan Annealing Pada Suhu 750° C

No	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	HRC5	HRC6	Rata - rata
1	10.5	10	10.2	10.3	10	10.2	10.2
2	11	10.5	9.5	9.6	10	10.5	10.18
3	10	9.8	10.2	10.6	10.2	10.8	10.27

Rata – rata: 10.22

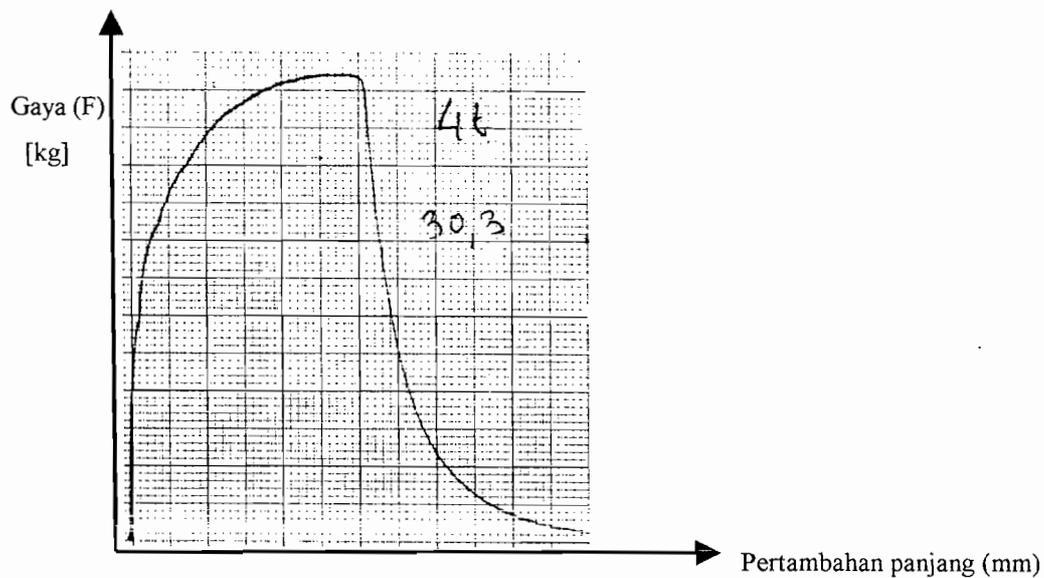


Grafik 12. Kekerasan baja Us – Ultra2.

4.2.2. Pengujian Tarik

4.2.2.1. Sampel Kondisi Mula - Mula

Data pengujian tarik untuk sampel pada kondisi mula – mula didapat dari grafik mesin uji sebagai berikut:



Grafik 13. Pengujian tarik mula – mula

$$A = p \times l = 4\text{mm} \times 5\text{mm} = 20 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = P/A = 1212\text{kg} / 20\text{mm}^2 = 60.6 \text{ kg/mm}^2$$

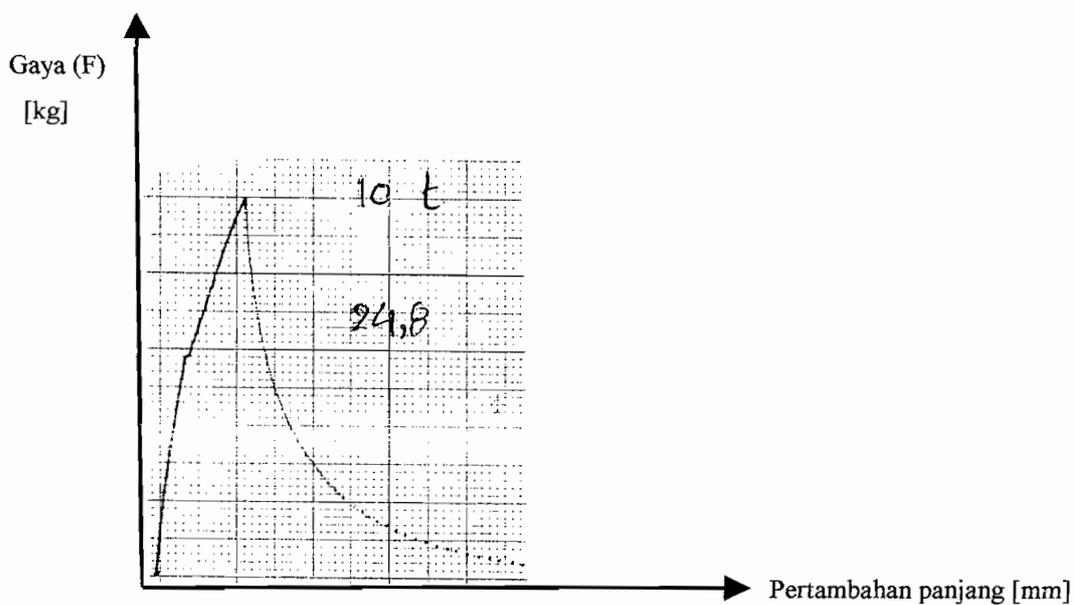
$$\varepsilon = \frac{L_p - L_o}{L_o} = \frac{46.8 - 40.2}{40.2} \times 100\% = 16.42 \%$$

Tabel 9. Hasil uji tarik mula – mula

A [mm ²]	Lo [mm]	Lp [mm]	P [kg]	σ [kg/mm ²]	ε [%]
20	40.2	46.8	1212	60.6	16.42
20	39.8	47.2	1208	60.4	18.59

4.2.2.2. Sampel Setelah Hardening

Grafik pengujian tarik untuk sampel yang sudah mengalami proses heat treatment (Hardening) dari mesin uji adalah sebagai berikut:



Grafik 14. Pengujian tarik hardening

$$A = p \times l = 4\text{mm} \times 5\text{mm} = 20\text{ mm}^2$$

$$\sigma = P / A = 2450\text{kg} / 20\text{mm}^2 = 122.5\text{ kg/mm}^2$$

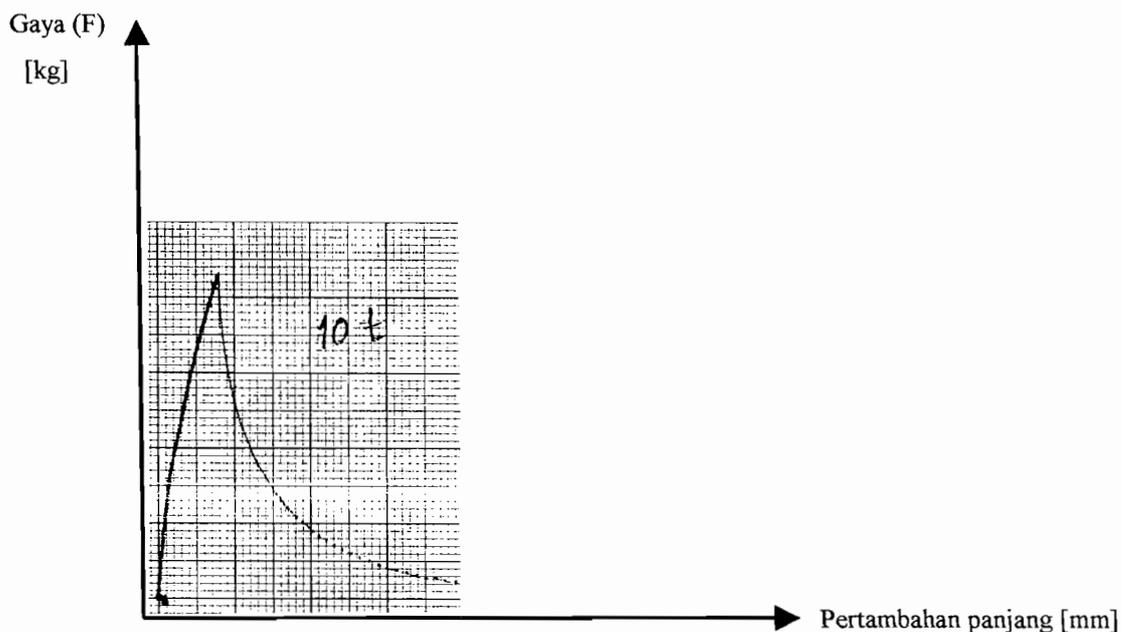
$$\varepsilon = \frac{Lp - Lo}{Lo} = \frac{40.98 - 40.1}{40.1} \times 100\% = 2.19\%$$

Tabel 10. Hasil uji tarik hardening

A [mm ²]	Lo [mm]	Lp [mm]	P [kg]	σ[kg/mm ²]	ε [%]
20	40.1	40.98	2450	122.5	2.19
20	40.2	41.02	2480	124	2.04

4.2.2.3. Sampel Setelah Tempering

Grafik dari mesin uji pengujian tarik untuk sampel yang telah melalui proses tempering adalah seperti dibawah ini:



Grafik 15. Pengujian tarik tempering

$$A = p \times l = 4\text{mm} \times 5\text{mm} = 20\text{ mm}^2$$

$$\sigma = P / A = 2110\text{ kg} / 20\text{mm}^2 = 105.5\text{ kg} / \text{mm}^2$$

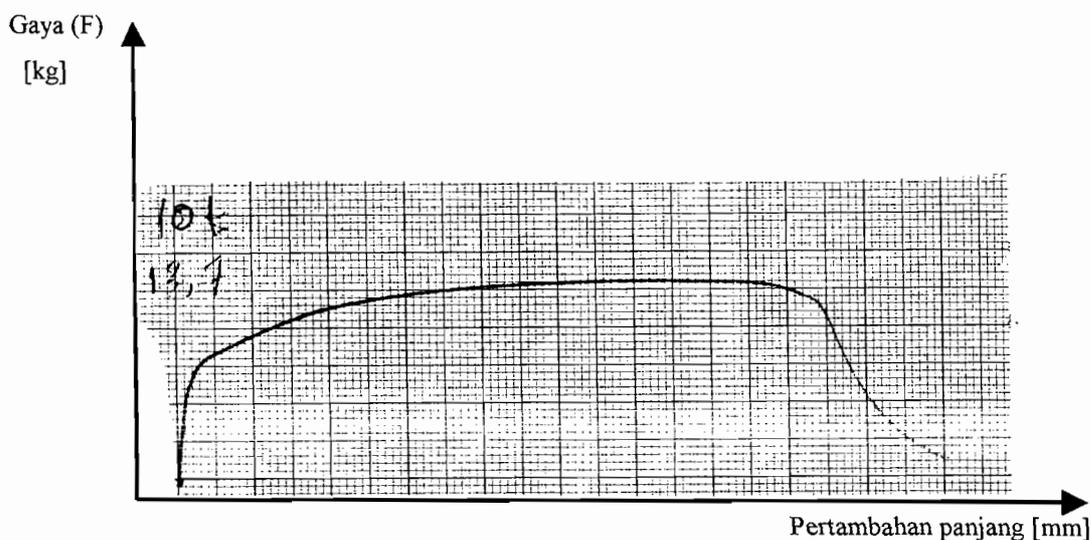
$$\varepsilon = \frac{L_p - L_o}{L_o} = \frac{40.4 - 40.1}{40.1} \times 100\% = 0.75\%$$

Tabel 11. Hasil uji tarik tempering

A [mm ²]	Lo [mm]	Lp [mm]	P [kg]	σ[kg/mm ²]	ε [%]
20	40.1	40.4	2110	105.5	0.75
20	39.9	40.3	2090	104.5	0.1
20	40.2	40.5	2120	106	0.75

4.2.2.4. Sampel Setelah Annealing

Grafik dari mesin uji pengujian tarik untuk sampel yang telah melalui proses annealing seperti dibawah ini:



Grafik 16. Pengujian tarik annealing

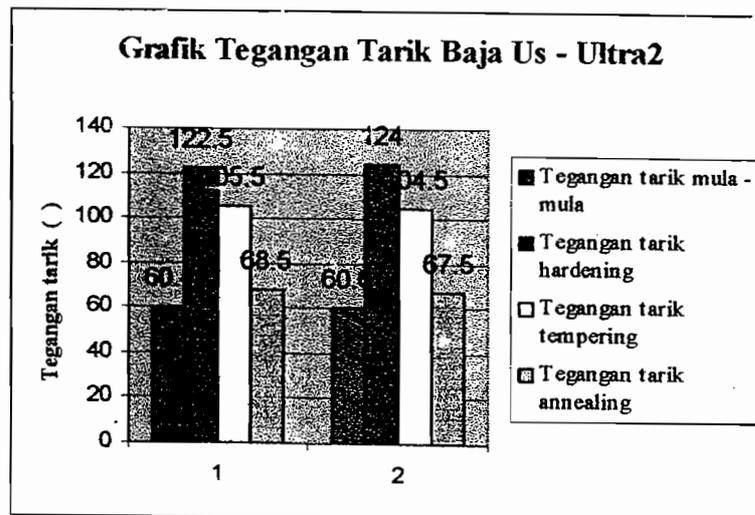
$$A = p \times l = 4\text{mm} \times 5\text{mm} = 20\text{ mm}^2$$

$$\sigma = P / A = 1370\text{ kg} / 20\text{mm}^2 = 68.5\text{ kg} / \text{mm}^2$$

$$\epsilon = \frac{L_p - L_o}{L_o} = \frac{45.66 - 40.3}{40.3} \times 100\% = 13.3\%$$

Tabel 12. Hasil uji tarik annealing

A [mm ²]	Lo [mm]	Lp [mm]	P [kg]	σ[kg/mm ²]	ε [%]
20	40.3	45.66	1370	68.5	13.3
20	39.8	45.2	1350	67.5	13.57
20	40.1	45.56	1350	67.5	13.62



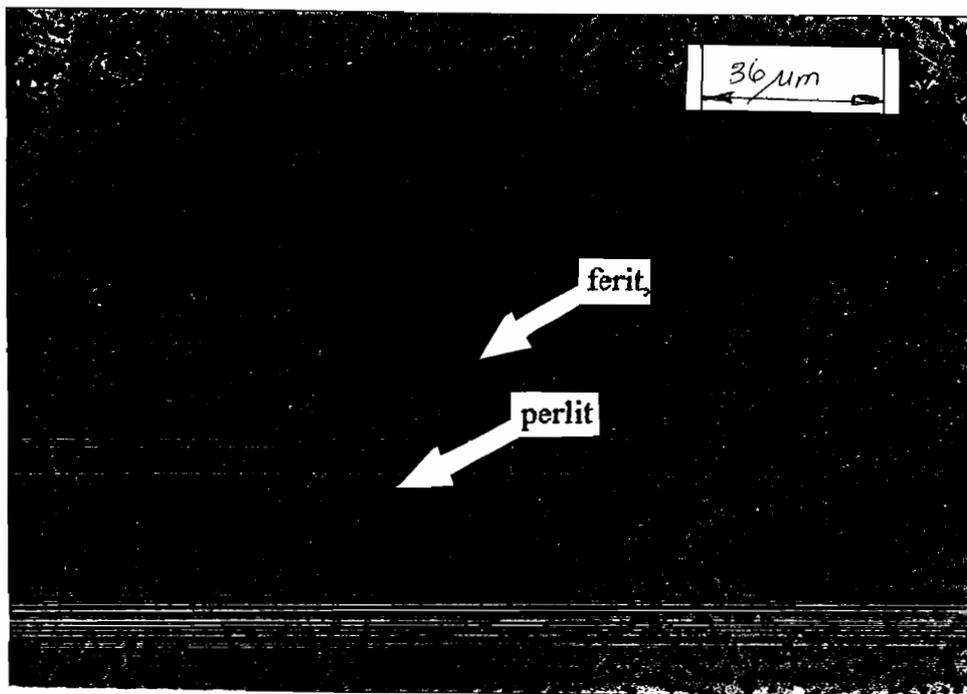
Grafik 17. Pengujian tarik baja Us – Ultra2

4.3. Pengujian Struktur Mikro

Dari hasil foto struktur mikro terlihat jelas perbedaan strukturnya antara benda uji mula – mula, benda uji yang sudah melewati Hardening, Tempering maupun Annealing. Paduan Cr (Krom) yang tinggi pada baja menyebabkan baja menjadi ulet dan sulit dietsa, yang menyebabkan tidak jelasnya struktur yang ada.

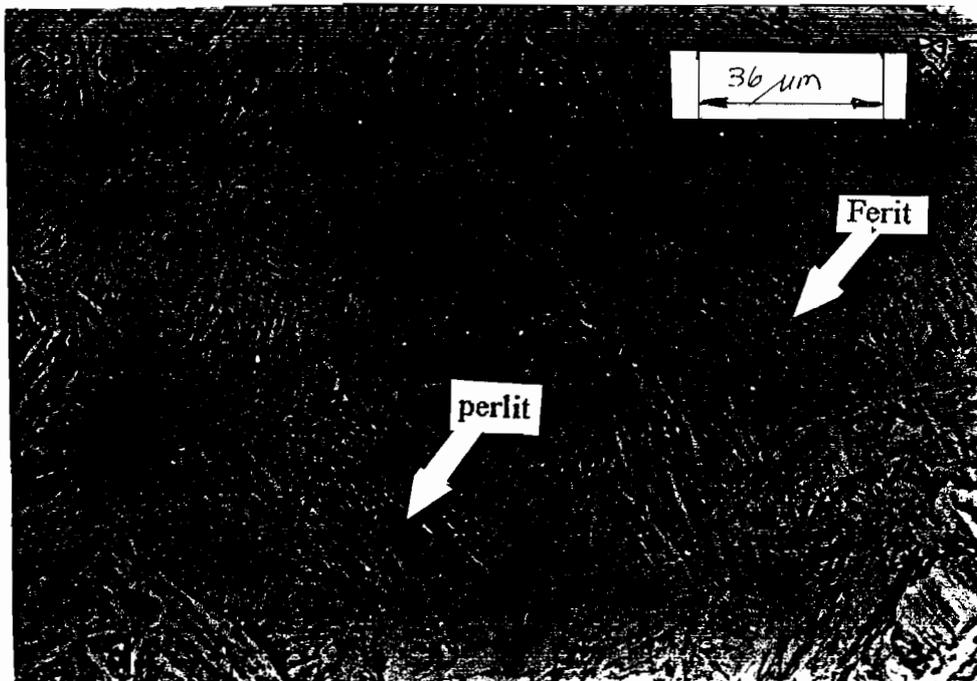
Pada sampel keadaan mula-mula dan sesudah proses annealing, banyak dijumpai matriks perlit yang lebih banyak daripada matrik ferrit. Tetapi sesudah sampel mengalami hardening maupun hempering, strukturnya berubah dengan lebih banyak matrik ferrit daripada matrik Perlit, hal ini menyebabkan sampel menjadi lebih keras.

FOTO STRUKTUR MIKRO SAMPEL MULA – MULA



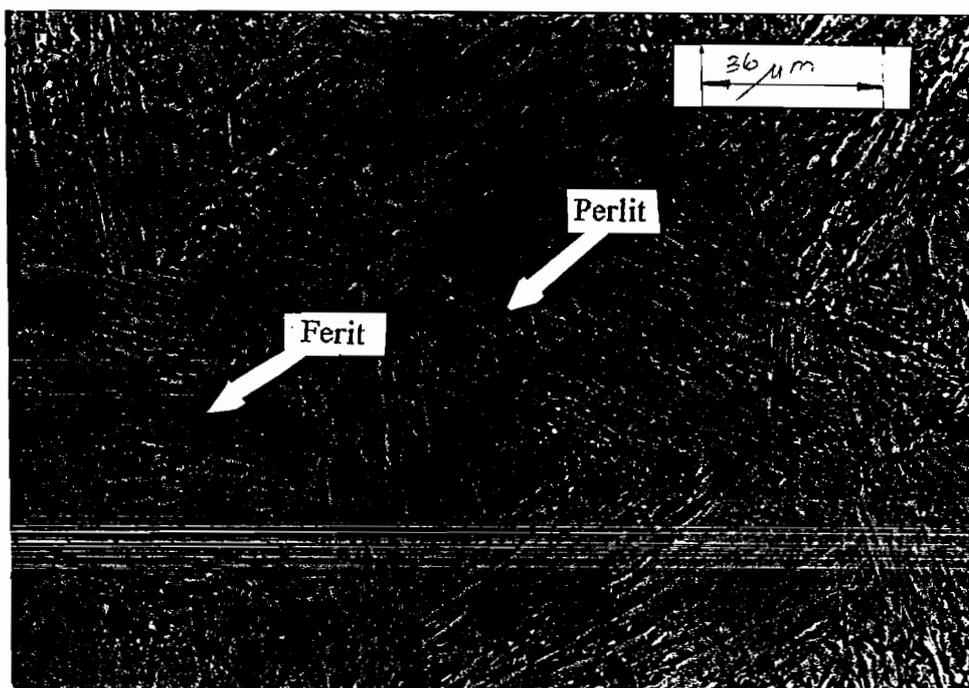
Gambar 18. Struktur mikro sampel mula-mula

FOTO STRUKTUR MIKRO SAMPEL HARDENING



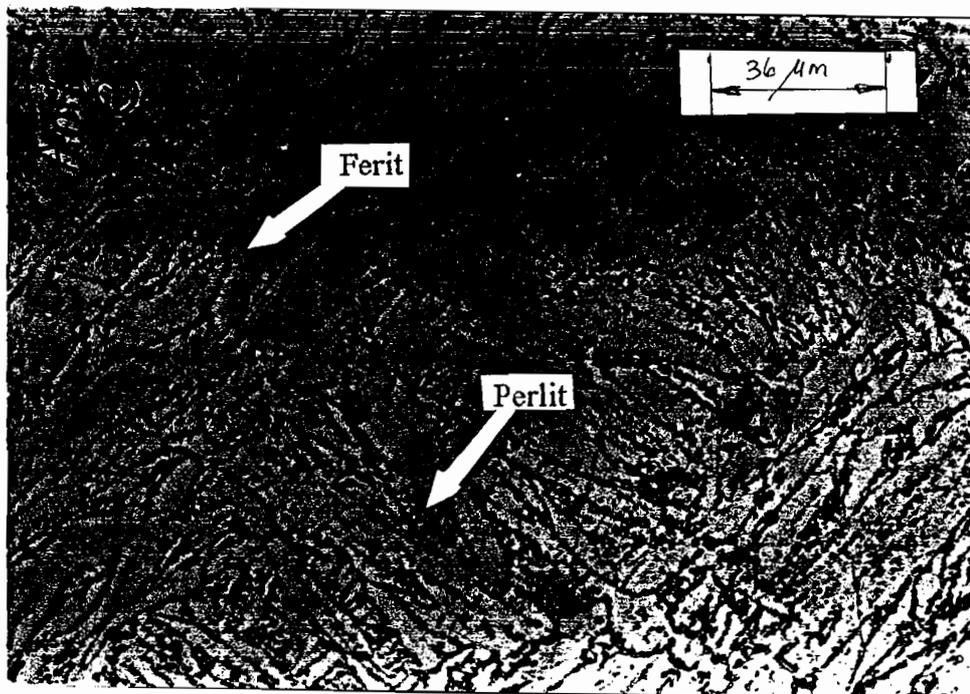
Gambar 19. Struktur mikro sampel hardening

FOTO STRUKTUR MIKRO SAMPEL TEMPERING



Gambar 20. Struktur mikro sampel tempering

FOTO STRUKTUR MIKRO SAMPEL ANNEALING



Gambar 21. Struktur mikro sampel annealing

BAB V

KESIMPULAN

Data hasil pengujian sampel baja Us – Ultra2 yang dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Baja Us – Ultra2 pada keadaan mula – mula kekerasan rata – ratanya adalah 12.73 HRC
2. Baja Us – Ultra2 sesudah melewati proses hardening kekerasan rata – ratanya adalah 47.13 HRC
3. Baja Us – Ultra2 sesudah melewati proses tempering kekerasan rata – ratanya adalah 44.45 HRC
4. Baja Us – Ultra2 sesudah melewati proses annealing kekerasan rata – ratanya adalah 10.22 HRC
5. Untuk kekuatan tegangan tarik rata – rata (σ), ternyata baja Us – Ultra2 yang telah melewati proses Hardening adalah paling besar yaitu 123.25 kg/mm^2 .
6. Tingginya nilai kekerasan pada baja maka semakin tinggi pula kekuatan tariknya, hal ini sangat diperlukan pada aplikasinya yaitu sebagai ekstrusi dies yang harus tahan aus bila terkena gesekan dari benda yang diproduksi.
7. Semakin tinggi kekerasannya maka semakin rendah keuletannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amstead, B.H, *Teknologi Mekanik*, 1990, Erlangga, Jakarta
2. Black, J.T, *Materials and Process in Manufacturing*, 8 editions,
Prentice Hall, New Jersey
3. Groover, M.P, *Fundamental of Modern Manufacturing*, New Jersey
4. Tata Surdia dan Shironku Saito, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*,
Pradnya Paramita, Jakarta.

BÖHLER Hot Work Tool Steels

	BÖHLER Grade	Chemical Composition (Average %)								Standarts
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	
W-302	US-ULTRA2 <i>Isodisc Superior</i>	0.39	1.00	0.40	5.1	1.30	-	1.00	-	DIN : 1.2344 X 40 CrMo V 51 AISI : ~ H 11 ~ H 13 BS : BH 13 AFNOR : Z 40 CDV5 UNI : X 40 CrMoV5 11 KU SIS : 2242 JIS : SKD61
W-302	US-ULTRA2 Isoblock 2000									
W-335	US-ULTRA Superior Isoblock 2000	0.38	0.65	1.70	2.6	2.60	-	0.75	-	
		Nb-0.12								
<p>Bohler made a substantial contribution to improvement of tool life by developing ESR. Isodisc Series of hot work tool steels. Isoblock 2000 represents another step this line and has been developed mainly for large heavy duty die casting tools. ESR = Electro Slag Remelting Process.</p>										

Heat treatment Process	Temperature	Applications											
Hot forming Annealing Stress relieving Hardening	900 - 1100 °C 750 - 800 °C 600 - 650 °C 1020 - 1080 °C	Heavy duty stressed hot work steels such as press mandrels, rams; extrusion dies and liners for the extrusion press; upsetting dies for the manufacturing of screw; nuts; rivets; pins; die casting tools; inserts for die blocks and hot working shear blades; WMD offers the additional advantage of being suitable for water cooling.											
Quenching agents	HRC after ^{Hardening} Tempering	Average HRC after tempering at °C											
Oil Salt bath Air	52 - 56 52 - 56 50 - 54	400	500	550	600	650	700	54	55	54	50	40	32
Heat treatment Process	Temperature	Applications											
Hot forming Annealing Stress relieving Hardening	900 - 1100 °C 750 - 800 °C 600 - 650 °C 1020 - 1080 °C	New developed hot work tool steel under new patent, with higher mechanical properties compared to other normal known hot work tool steel heavy duty stressed hot work steel such as press mandrels, extrusion dies, hot shear blades. Used in aluminium industries, brass and copper. Die casting, can stand up to 700°C.											
Quenching agents	HRC after hardening	Average HRC after tempering at °C											
Oil Salt bath Air	54 - 56 54 - 56 50 - 54	400	500	550	600	650	700	51	52	53	50	45	40