

## DAFTAR NILAI

### SEMESTER GANJIL REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Mesin D3  
Matakuliah : Analisa Kerusakan Material  
Kelas / Peserta : A  
Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah  
Dosen : Rudi Saputra, Ir.MT.

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	19420001	Rahmad Dany Ilham	100	60	66	70	0	0	69.8	B

Rekapitulasi Nilai							
A	0	B+	0	C+	0	D+	0
A-	0	B	1	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	0

Jakarta, 7 February 2023

Dosen Pengajar

  
Rudi Saputra, Ir.MT.



**DAFTAR HADIR PESERTA KULIAH MAHASISWA  
GANJIL - REGULER - TAHUN 2022/2023**

FAK / JURUSAN  
MATAKULIAH  
KELAS / PESERTA  
KURIKULUM  
DOSEN

Teknik Mesin D3  
Analisa Kerusakan Material / 423027 / 3  
A /  
2018  
1.Rudi Saputra, Ir.MT.  
2.Ir. Rifki Dermawan, MT

HARI / TANGGAL Selasa  
JAM KULIAH 10:00-11:40  
RUANG C-3

Hal : 1 / 1

No	N I M	NAMA MAHASISWA	TANGGAL PERTEMUAN								JUMLAH
			20/9	27/9	4/10	11/10	18/10	25/10	1/11	8/11	
1	19420001	Rahmad Dany Ilham	<i>[Signature]</i>	8							

**CATATAN :**

Perubahan peserta hanya diperkenankan bila ada persetujuan tertulis dari Pelaksana Jurusan.

06/02/2023

Jakarta, .....

Dosen Pengajar,

*[Signature]*  
( Rudi Saputra, Ir.MT. )



**DAFTAR HADIR PESERTA KULIAH MAHASISWA  
GANJIL - REGULER - TAHUN 2022/2023**

FAK / JURUSAN  
MATAKULIAH  
KELAS / PESERTA  
KURIKULUM  
DOSEN

Teknik Mesin D3  
Analisa Kerusakan Material / 423027 / 3  
A /  
2018  
1.Rudi Saputra, Ir.MT.  
2.Ir. Rifki Dermawan, MT

HARI / TANGGAL Selasa  
JAM KULIAH 10:00-11:40  
RUANG C-3

Hal : 1 / 1

No	N I M	NAMA MAHASISWA	TANGGAL PERTEMUAN							JUMLAH
			15/11	22/11	29/11	6/12	13/12	20/12	27/12	
1	19420001	Rahmad Dany Ilham	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	8

**CATATAN :**

Perubahan peserta hanya diperkenankan bila ada persetujuan tertulis dari Pelaksana Jurusan.

Jakarta, .....

Dosen Pengajar,

( Rudi Saputra, Ir.MT. )

06/02/2023



**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
(PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)  
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN D-3 -ISTN

Mata Kuliah : Analisa Kerusakan Matrial	Semester : Ganjil
Dosen : Ir.Rudi Saputra,MT	SKS : 2 SKS
Hari : Selasa	Kelas : A
Jam : 10.00 – 11.40	Ruang : C-5

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
1.	20/9/2022	Pendahuluan Perkuliahan	2	
2.	27/9/2022	Metodologi Analisa Kegagalan /Analisa Kerusakan Matrial	2	
3.	04/10/2022	Mekanisme retak /Patah	2	
4.	11/10/2022	Proses Identifikasi Cacat	2	
5.	18/10/2022	Pengujian – Pengujian untuk Idetifikasi Cacat	2	
6.	25/10/2022	Mengujian Metallurgi	2	
7.	01/11/2022	Tugas Persentasi	2	
8.	08/11/2022	<b>UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)</b>	2	

DOSEN PENGAJAR

Ir.Rudi Saputra,MT



**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
(PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)  
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN D-3 -ISTN

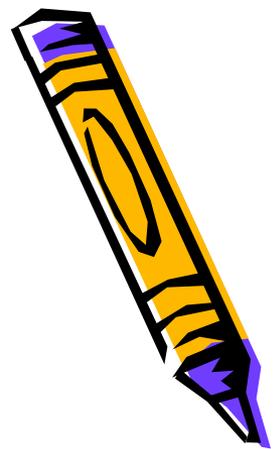
Mata Kuliah : Analis Kekuatan Matrial	Semester : Ganjil
Dosen : Ir.Rudi Saputra, MT	SKS : 2 sks
Hari : Selasa	Kelas : A
Jam : 10.00 – 11.40	Ruang : C-5

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
9.	15/11/2022	Karakteritik Kegagalan	2	
10.	22/11/2022	Fatoque Failures	2	
11.	29/11/2022	Teknik Analisa Kegagalan	2	
12.	06/12/2022	Teknik NDT	2	
13.	13/12/2022	Magnetic Partikel Inspeksi	2	
14.	20/12/2022	Teknik Metallugrafi	2	
15.	27/01/2023	Tugas Persentasi	2	
16.		<b>UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)</b>	2	

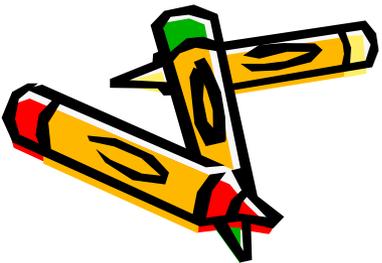
DOSEN PENGAJAR

Ir. Rudi Saputra, MT

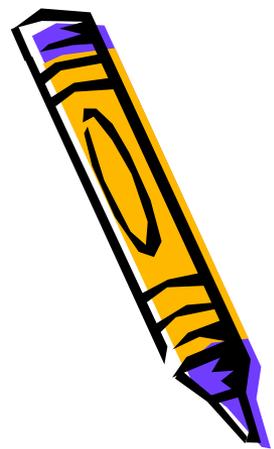
# DEFINISI KERUSAKAN (FAILURE)



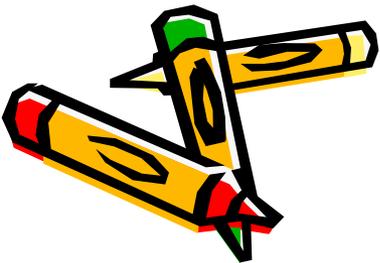
- Ketidak-mampuan suatu komponen untuk dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Perpatahan (fracture) tidak perlu harus terjadi.

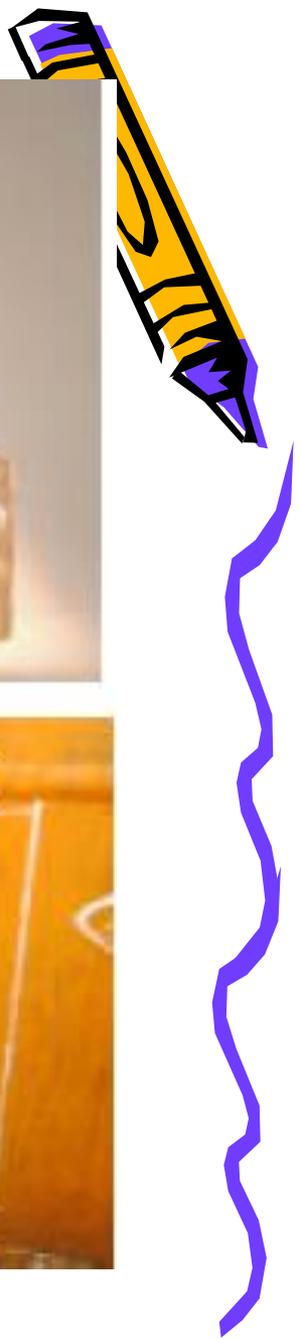


# KONDISI UMUM KERUSAKAN



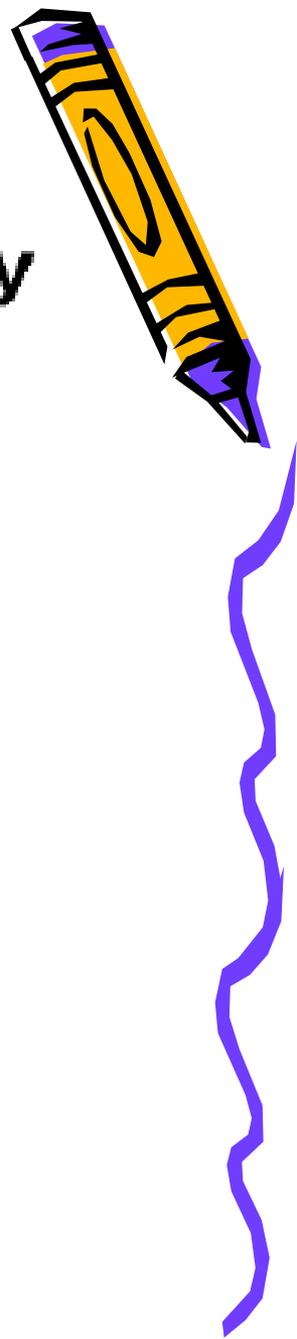
1. Jika tidak dapat dioperasikan (dijalankan)
2. Masih dpt beroperasi, tetapi tidak berfungsi semestinya
3. Kerusakan serius atau tidak aman untuk digunakan





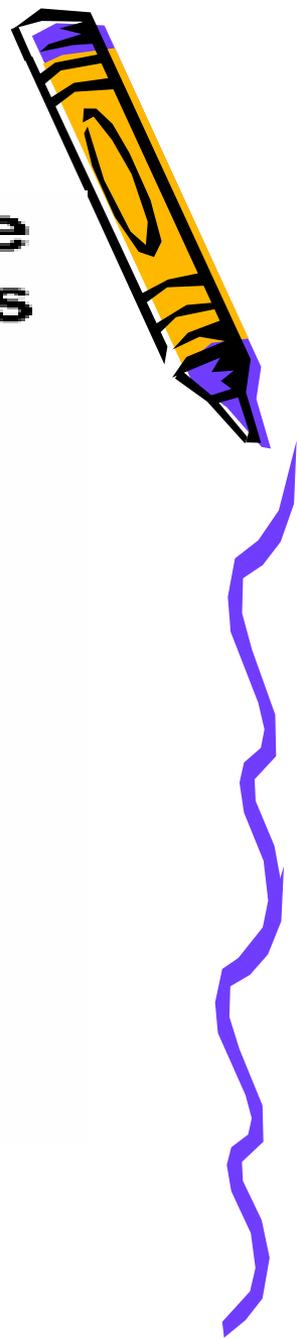
# TABLE Frequency of Causes of Failure In Some Engineering Industry Investigations

Origin	%
Improper material selection	88
Fabrication defects	15
Faulty heat treatments	15
Mechanical design fault	11
Unforeseen operating conditions	8
Inadequate environment control	6
Improper inspection and quality control	5
Material mixup	2

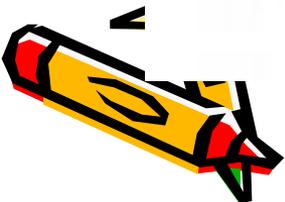
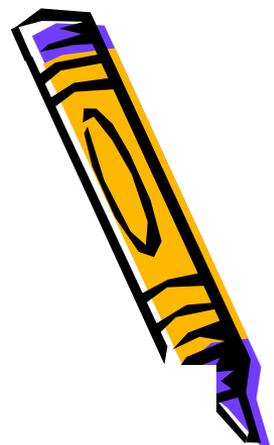


**TABLE Fracture Modes in Some Engineering Industry Investigations**

<u>Fracture Mode</u>	<u>%</u>
Corrosion	29
Fatigue	25
Brittle fracture	16
Overload	11
High-temperature corrosion	7
Stress corrosion/ corrosion fatigue/ hydrogen embrittlement	6
Creep	8
Wear, abrasion, and erosion	3



# Penyebab Kerusakan Material

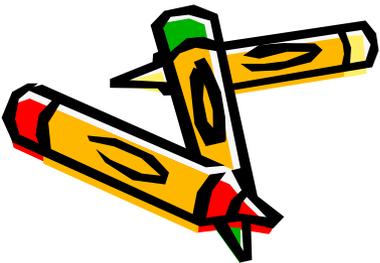


# FAKTOR KEGAGALAN

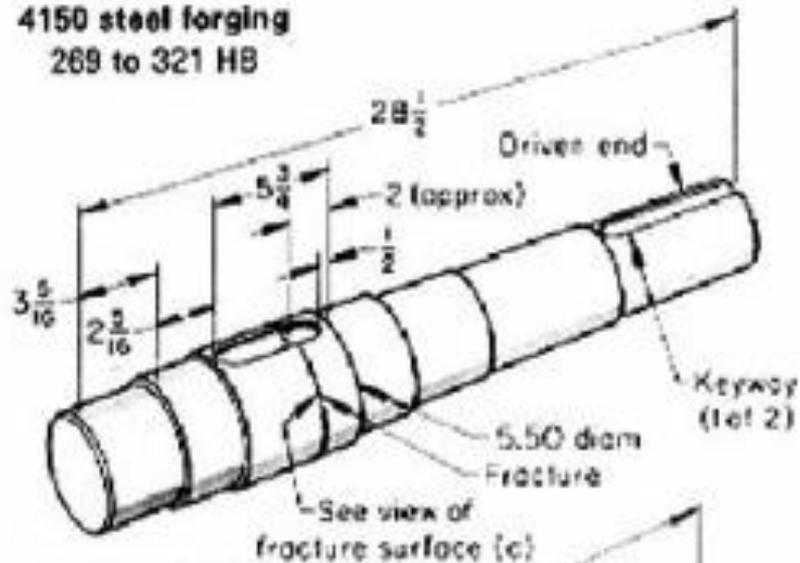


## 1. SALAH DISAIN :

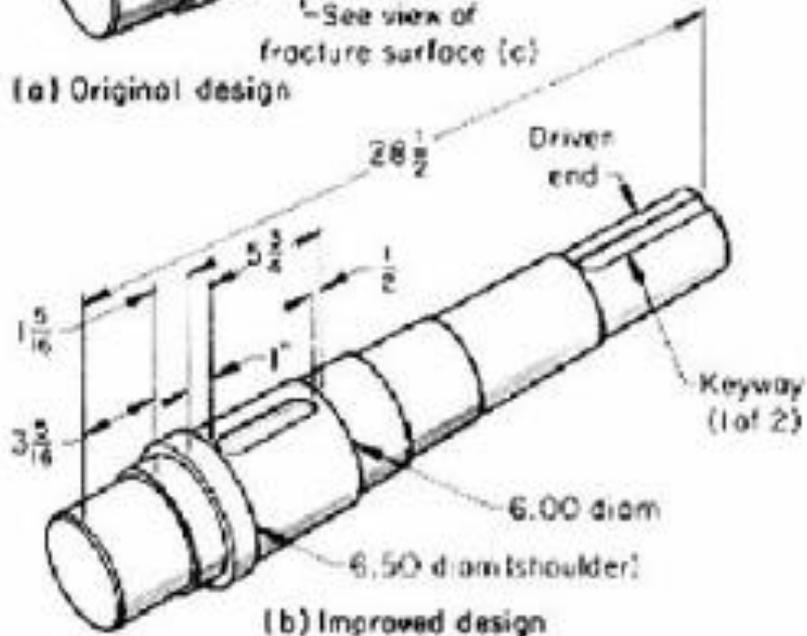
- Apakah ada *stress concentration* (lubang, ulir, *notch*)
- Apakah Dimensinya sesuai ? *Lost by wear or corrosion*
- Haruskah *Rigid* atau *Flexsible like spring*?
- Apakah *Part / Komponen* memang didisain untuk mudah rusak atau memang untuk tahan rusak ?



4150 steel forging  
269 to 321 HB

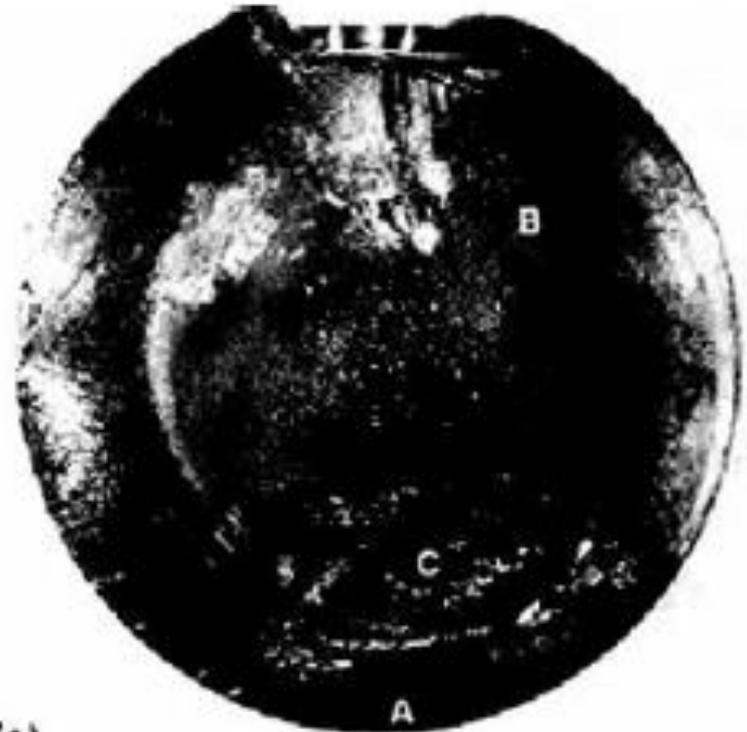


(a) Original design



(b) Improved design

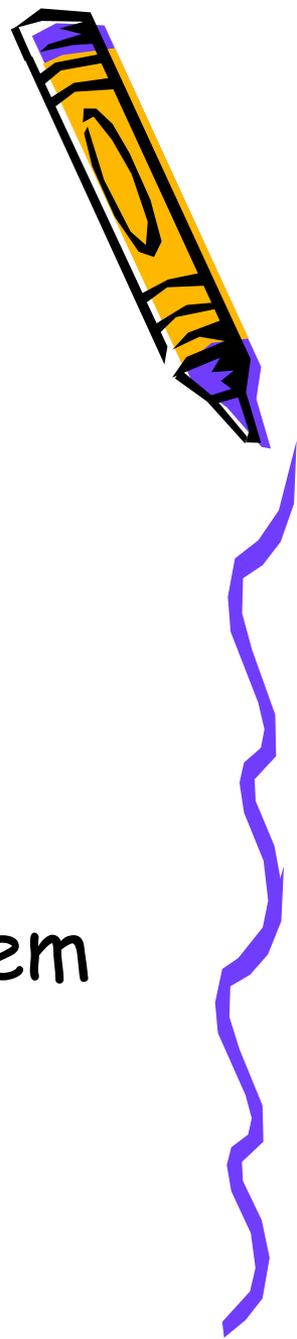
## Fracture of a Forged 4150 Steel Drive Axle in an Overhead Crane



(c)

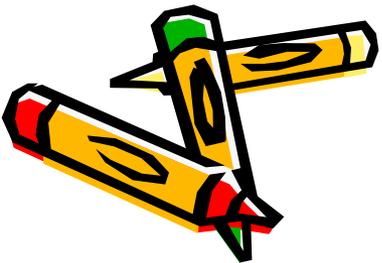
Fig. 28. 4150 steel drive axle for an overhead-crane wheel that fractured from fatigue in service due to insufficient interference fit between the wheel and the axle.

# FAKTOR KEGAGALAN



## 2. SALAH MEMILIH MATERIAL

- Apakah *mechanical prop.* sesuai? (Hardness, UTS, yield)
- Apakah *physical prop.* sesuai? (Thermal ex, density, cond.)
- Apakah *Chemical prop.* sesuai? (chem comp., corrosion res.)





**Ductile iron, grade 100-70-03**  
**Diаметral pitch, 8; pitch diameter, 6.5 in.;**  
**face width, 0.75 in.; bore diameter, 0.875 in.**



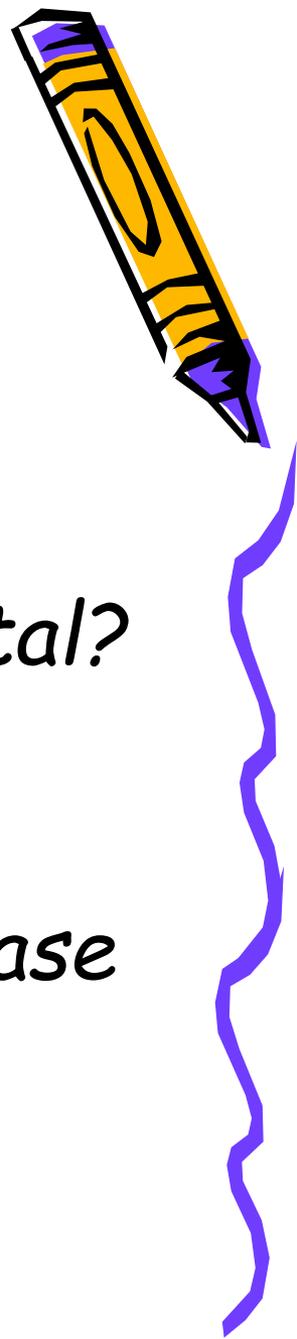
**Gray iron, class 40**  
**Diаметral pitch, 8; pitch diameter, 8.0 in.;**  
**face width, 1.25 in.; bore diameter, 4.43 in.**



**Sand-cast oil-pump gears. (a)**  
**ASTM A536, grade 100-70-03,**  
**ductile iron. (b) Class 40 gray**  
**iron that fractured because of**  
**improper material selection.**  
**0.25X.**

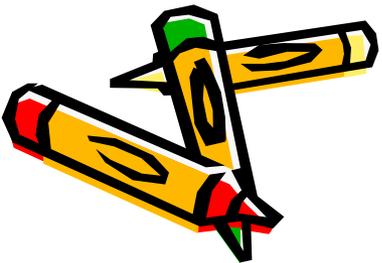


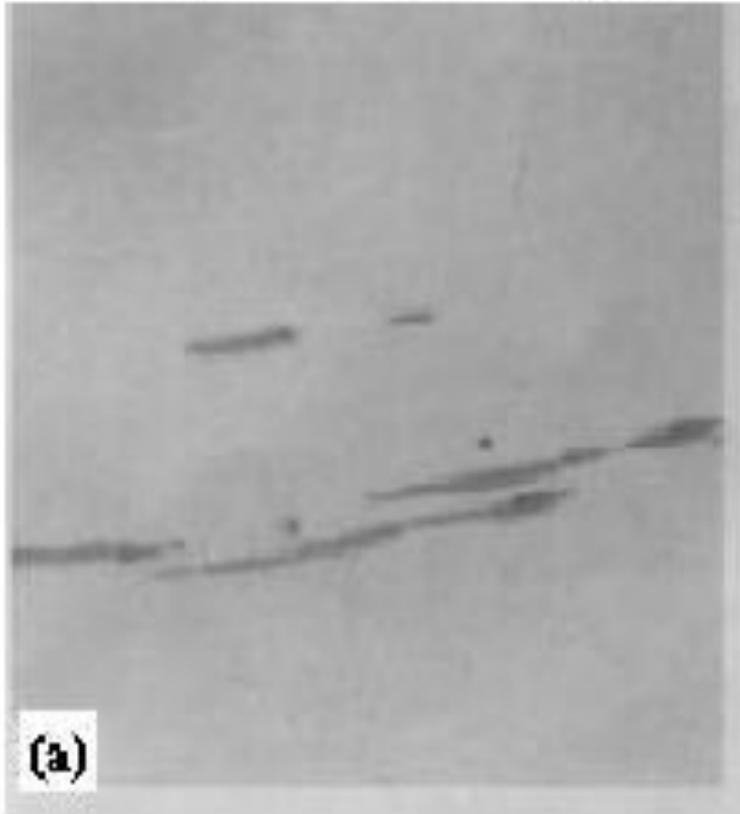
# FAKTOR KEGAGALAN



## 3. KETIDAK SEMPURNAAN MATERIAL

- Apakah ada *defects* pada *base metal*?
- (*porosity, inclusion, lamination, segregation*)
- Apakah ada *residual stress* pada *base metal*? (*tension, compression*)

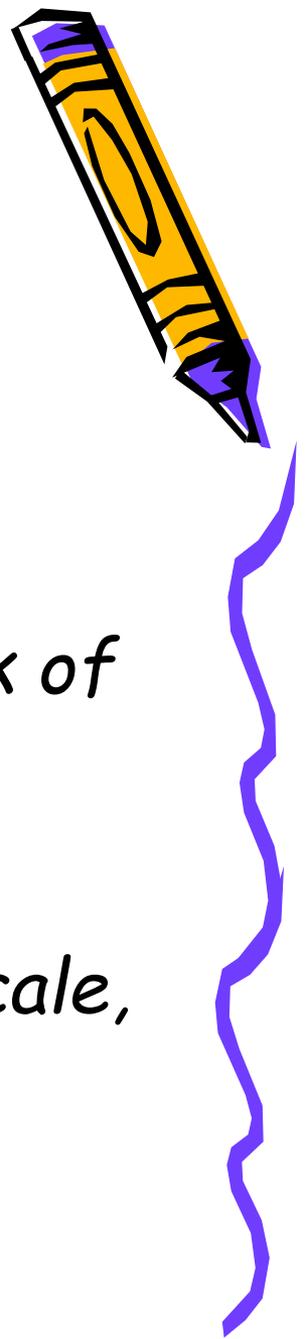




**Nonmetallic inclusions in wrought steel.**  
**(a) Manganese sulfide stringers.**  
**(b) Silicate stringer. Both 200X.**

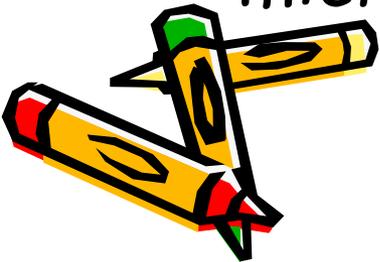


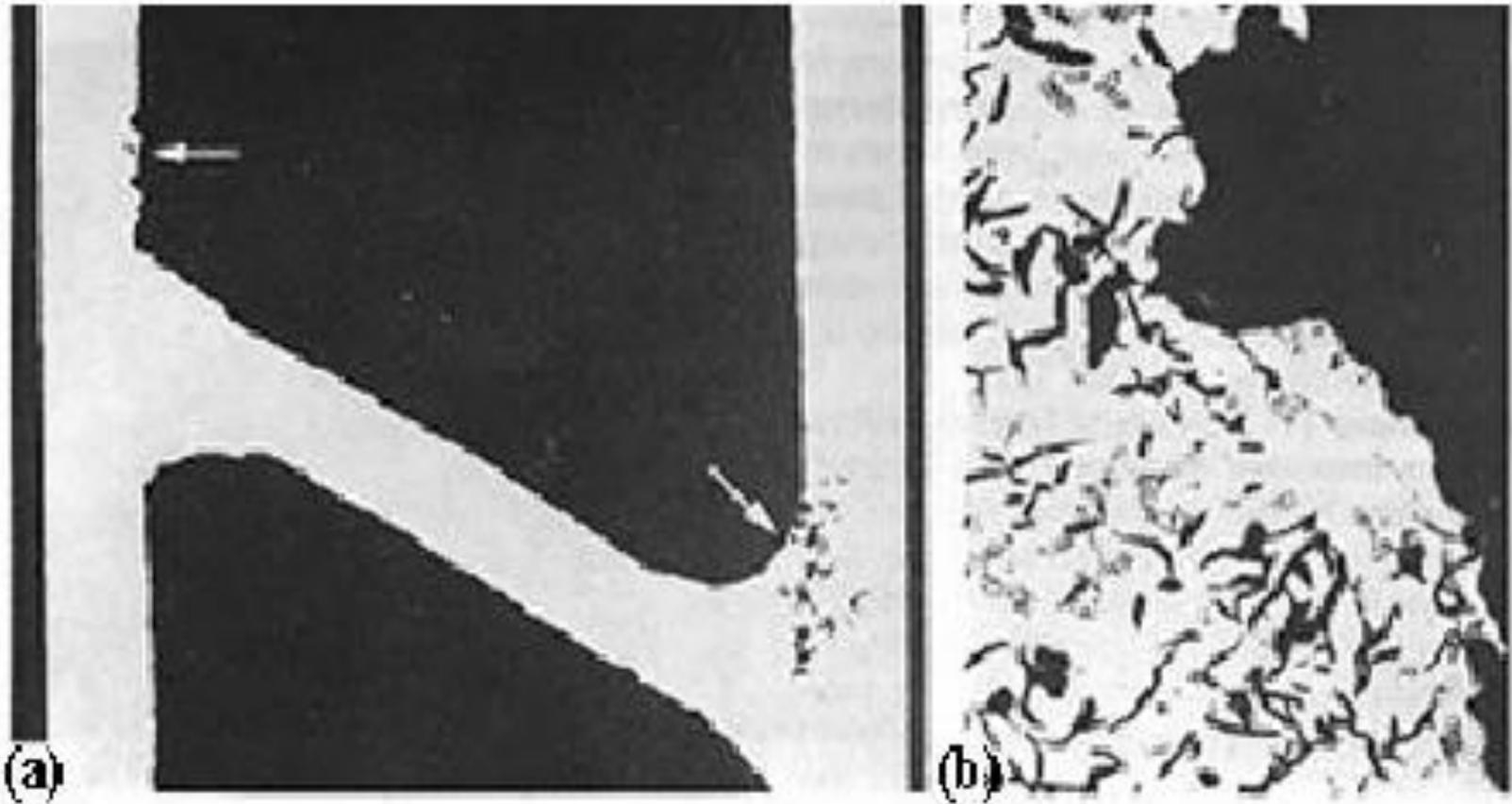
# FAKTOR KEGAGALAN



## 4. SALAH DALAM MANUFACTURE (Fabrikasi)

- *Rolling* → (lamination, inclusion)
- *Welding* → (Pore, undercut, cracks, lack of penetration)
- *Casting* → (Pore, coldshut, shrinkage, segregation)
- *Heat Treatment* → (decarburization, scale, over/under tempered, improper microstructures)





**Impeller specimen showing cavitation damage and porous zones.**  
**(a) Cavitation pits (top-left arrow) and porous zones (bottom-right arrow) in an unetched transverse section of impeller 1.2.5X .**  
**(b) (b) Microsection from a cavitation zone. Etched with V2A reagent. 100X . Source: Ref 1.**

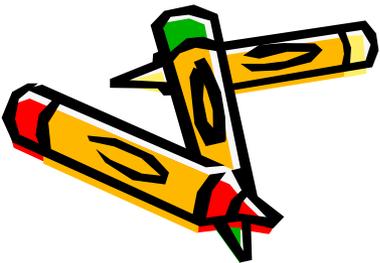


# FAKTOR KEGAGALAN

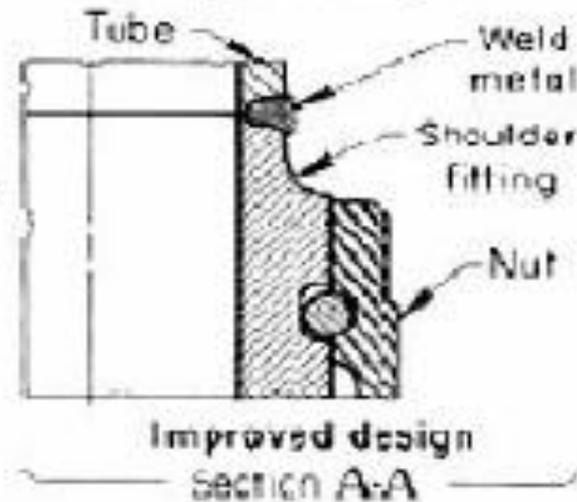
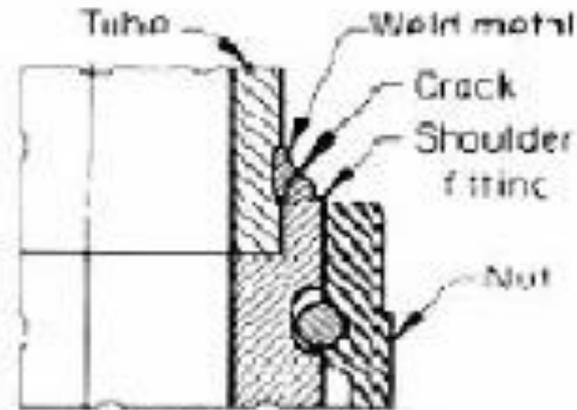
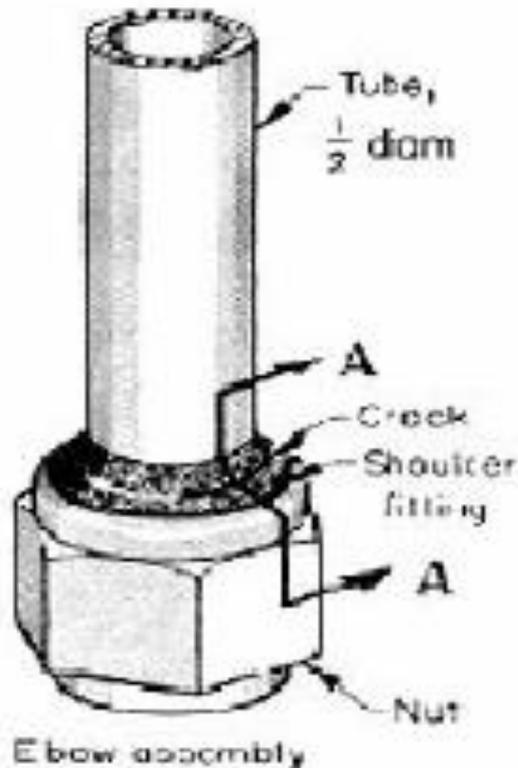


## 5. SALAH DALAM ASSEMBLING (PERAKITAN)

- *Ada Misalignment ?*
- *Ada Inaccurate Machining & accum. Of tolerance*
  - *Interference & abnormal stress*
- *Ada Deflection? (shafts or pipes)*

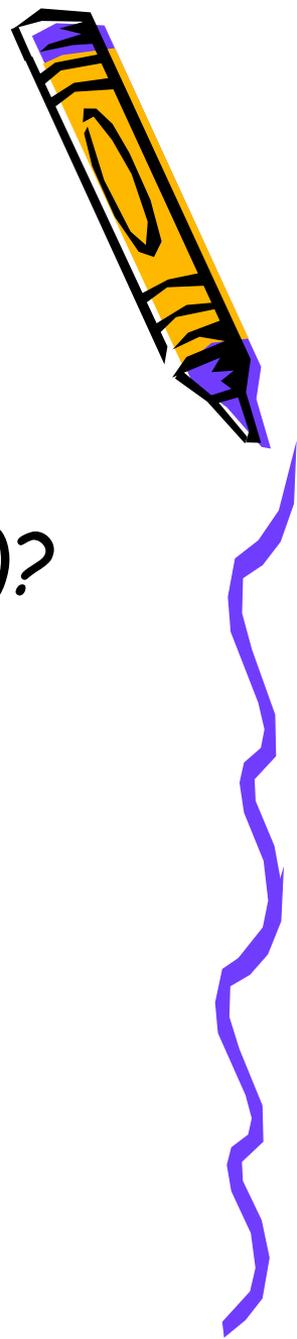


Type 321  
stainless steel;  
FR347 stainless  
steel filler metal



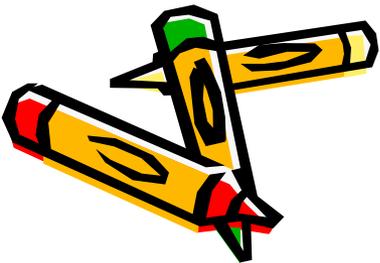
Welded stainless steel elbow assembly that, as originally designed, cracked at the root of the weld under cyclic loading. The improved design moved the weld out of the high-stress area. Dimensions given in inches.

# FAKTOR KEGAGALAN

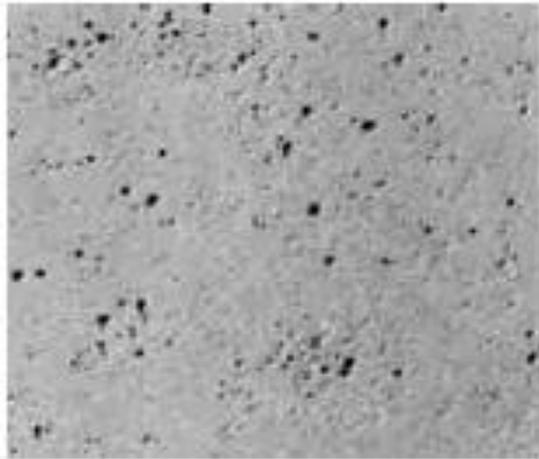
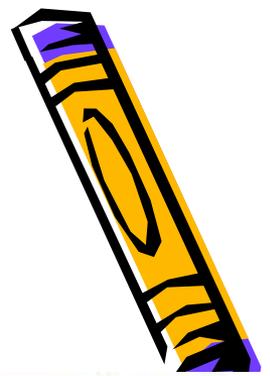


## 6. KONDISI OPERASI

- *Ada unusual occurrence (abnormal)?  
(bunyi, bau, asap)*
- *Apakah terjadi over speed ?*
- *Apakah terjadi over load ?*
- *Apakah lingkungannya korosif?  
(temperature environment)*



# Contoh Kerusakan akibat korosi



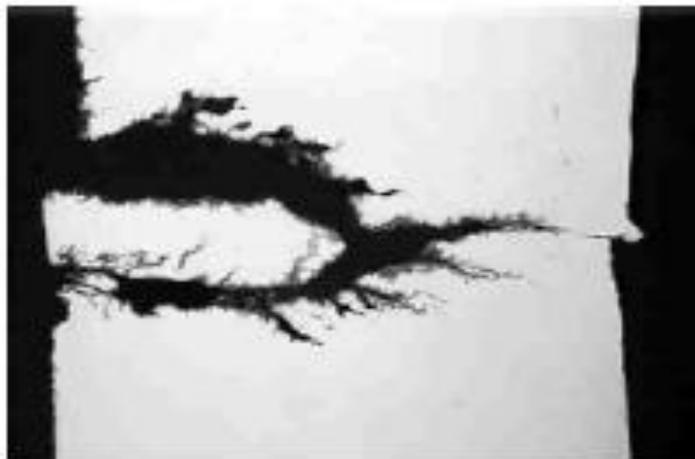
(1)



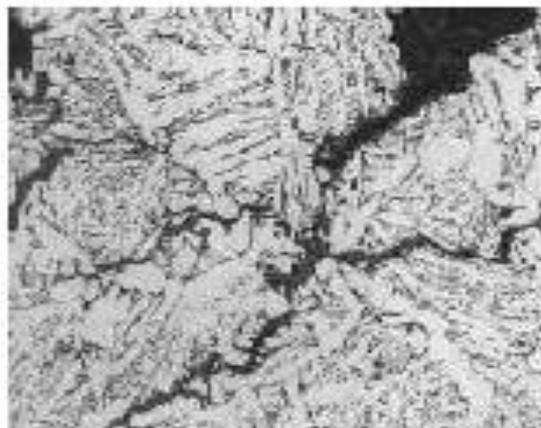
(2)



(3)



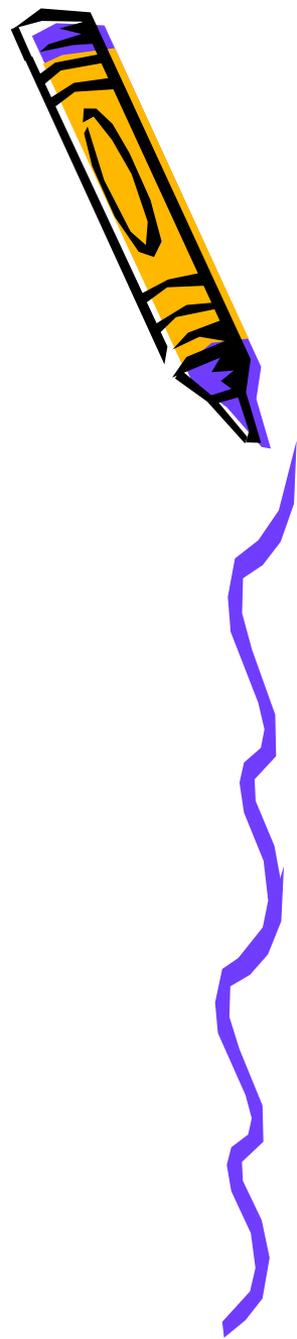
(4)



(5)

1. Pitting Corrosion
2. Uniform Corrosion
3. Galvanic Corrosion
4. SCC
5. SCC under SEM

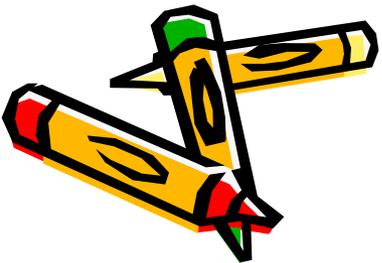
# FAKTOR KEGAGALAN



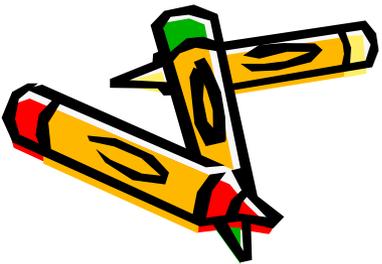
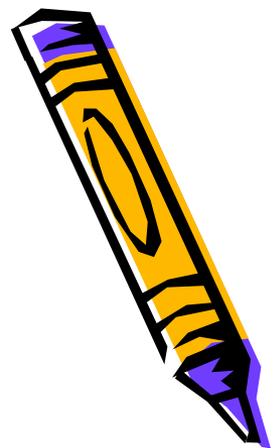
## 7. KONDISI PERAWATAN (MAINTENANCE)

- Apakah terjadwal?
- Apakah ada pelumasan?
- Apakah metoda pengukuran baik?

*(temperature, pressure, dimension, etc.)*



Terima Kasih



# TEKNIK ANALISA KEGAGALAN

## 1. TUJUAN :

*Analisa kerusakan harus bisa menentukan/mengetahui sebab-sebab utama (primary caused) dari suatu kegagalan sehingga dapat diambil tindakan korektif untuk mencegah kegagalan yang sama.*

*Investigasi terhadap kerusakan melibatkan pakar (expertist) dari berbagai bidang engineering, ilmu-ilmu phisik juga metalurgi*

## 2. Langkah-langkah Analisa

Langkah-langkah analisa failure tergantung dari sifat (nature) dari failure itu sendiri, dan Langkah-langkah utama meliputi:

- 1) Mengumpulkan *historical* data dan memilih sampel.
- 2) Pengamatan visual dan mencatatnya.
- 3) Pengujian tak merusak (*non destructive testing*)
- 4) Pengujian mekanis (*destructive testing*)
- 5) Seleksi, identifikasi, melindungi dan membersihkan spesimen.
- 6) Pengamatan makroskop dan analisa (*fracture surface, secondary crack* dan fenomena permukaan lainnya).

- 7) Seleksi dan preparasi sampel metalografi
- 8) Pengamatan mikroskopik
- 9) Determinasi (menetapkan) mekanisme perpatahan
- 10) Analisa Kimia
- 11) Analisa mekanika perpatahan (*fracture mechanic*)
- 12) Pengujian khusus untuk men-simulasi kondisi kerja
- 13) Analisa terhadap seluruh data (bukti), solusi dan pembuatan laporan (*report*) serta rekomendasi

## ***Pengumpulan Data Awal & Seleksi Sampel***

**Pengumpulan data awal meliputi data manufaktur, proses serta sejarah pemakaiannya.**

- **Data manufaktur meliputi spesifikasi, gambar dan aspek-aspek disain dari komponen. Adapun data proses yaitu: *stretching, forming, machining, grinding, polishing, heat treatment, welding, chemical processing (cleaning, electroplating, coating etc).***
- **Kemudian meng-konstruksi-kan kembali urutan kejadian yang menyebabkan rusaknya komponen (konstruksi).**
- **Sejarah pemakaian dan pembuatannya sebaiknya dimulai dari spesifikasi dan aspek perencanaan komponen (konstruksi).**

No.	Data Operasi Fluida	GNK	BRG	KAG
01.	Kandungan Air Total (%)	85	83	2
02.	Tekanan Operasi Pompa (Psi)	170	171	313
03.	Debit Aliran (bbl/menit)	5.01	5.70	1.41

**Data Operasi Pada Tiap Jalur Pipa  
PT. Pertamina Prabumulih Sumbagsel**



## ***PENGAMATAN AWAL TERHADAP PART YANG GAGAL***

Sebelum dilakukan pembersihan terhadap *part* gagal, awalnya dilakukan pengamatan secara visual. Adanya soil (kotoran tanah) dan runtuhan sangat berguna untuk mengetahui serangkaian kejadian yang mengawali kegagalan.

### ***Pengamatan visual***

Pengamatan visual dapat melihat perubahan tekstur dan warna dan pengamatan pada area yang lebih luas. Pengamatan diutamakan pada bagian permukaan fraktur dan *path* (jalur) retak. Dimensi benda gagal harus dicatat, digambar sketsa-nya. Penyalah-gunaan pemakaian atau kondisi abnormal harus diamati dan dipahami.

## ***Fotografi terhadap permukaan patah (fracture)***

Fotografi terhadap bagian patah, kepingan-kepingan, mencatat ukuran dan kondisi dan sejauh mana hubungannya terhadap patahan. Fotografi dilakukan pada berbagai perbesaran dan sudut dan bagian-bagian yang utama.

## ***Pengujian Tak Merusak (Non Destructive Testing)***

Pengujian ini untuk mendeteksi permukaan retak dan diskontinuitas dengan peralatan NDT (PT, MT, UT, RT)

PIPA SAW-R G. KEMALA (11 bln)



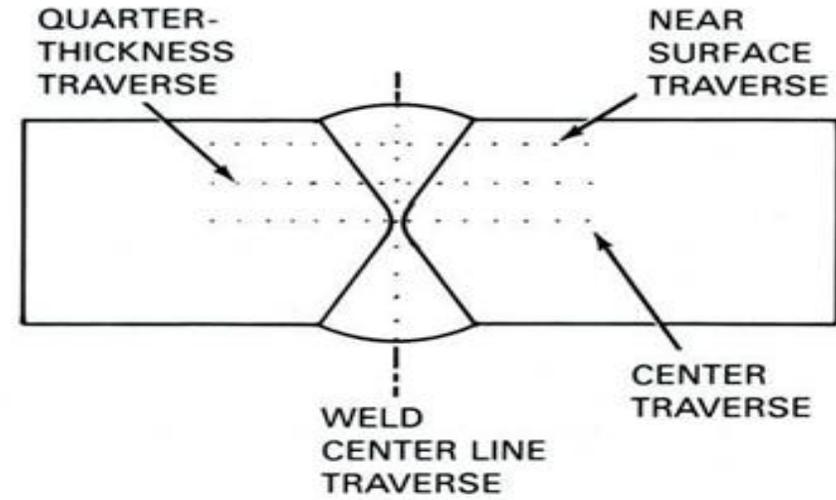
## Pengujian Mekanis (Destructive Test)

- Uji kekerasan dan kekuatan tarik adalah jenis pengujian yang paling simpel dan sering dilakukan oleh para analis kerusakan.
- Pengujian tersebut dapat digunakan untuk membantu dalam mengevaluasi perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu membandingkan kekerasan dan kekuatan tarik komponen yang rusak dengan spec-nya. Selain itu, test tsb juga dipakai untuk mendeteksi adanya pengerasan kerja (*work hardening*) atau pelunakan (*softening*) yang disebabkan oleh panas berlebih (*overheating*), de-carburisation or carbon pick-up.

## Hardness Testing Machine



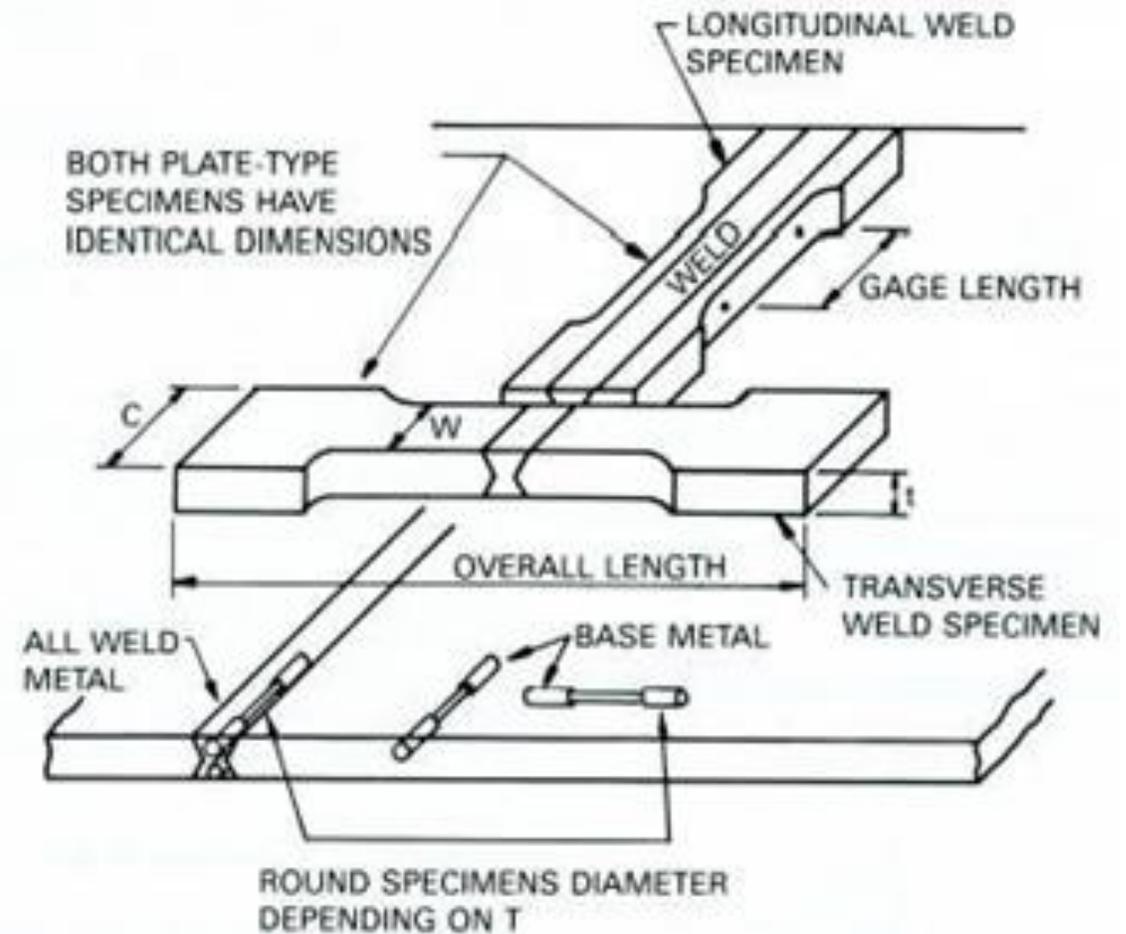
## Specimen



# Tensile Machine



## Specimen (ASTM A370 & E8)



# Patahan Uji Tarik



**Lokasi Patahan untuk  
Sampel Pipa Spiral**



**Lokasi Patahan untuk  
Sampel Pipa ERW**

## ***Menentukan Jenis Kegagalan***

Dalam analisis kegagalan harus diketahui jenis kegagalannya. Mekanisme kegagalan meliputi: Perusakan permukaan (*erosi* dan gesekan), distorsi elastis dan plastis dan perpatahan (*fracture*).

## ***Klasifikasi Perpatahan***

Klasifikasi perpatahan secara makro adalah: perpatahan ductile (ulet), patah *brittle* (getas), patah fatik dan patah kombinasi tekanan dan lingkungan (*stress corrosion cracking, hydrogen embrittlement, corrosion fatigue*).

Klasifikasi patah dikelompokkan berdasarkan: Kondisi pembebanan, Laju pertumbuhan *crack* (retak), Penampakan mikro dan makro dari permukaan patah.

## Pengamatan Secara Makro (*Macroscopic Examination*)

- ❖ Penampakan makroskopis adalah berupa terang (*light*) atau abu-abu (*grey*) dan halus atau kasar, kristalin atau *silky* (sutera), *granular* atau *fibrous* (serat).

## Pengamatan Secara Mikro (*Microscopic Examination*)

- ❑ **Patah Ulet** : Patah ulet ditandai dengan robekan logam bersamaan dengan deformasi plastis. Pada patah tarik ulet umumnya penampakannya gelap dan berserat
- ❑ **Patah Getas** : Patah Getas ditandai dengan pertumbuhan (*propagation*) retak yang cepat dengan sedikit energi dan tanpa deformasi plastis. Penampakannya terang dan granular
- ❑ **Patah Fatik**: Akibat dari pembebanan siklus dan nampak secara makroskopis sebagai patah getas. Perkembangan dari retak fatik ditandai dengan *beach marks* (garis pantai) atau adanya striasi (dengan SEM)
- ❑ **Patah Akibat Lingkungannya (*environmentally affected fractures*):** Merupakan patah yang disebabkan kombinasi tegangan yang bekerja dan lingkungan korosif.

# FRAKTOGRAFI

Logam dapat patah dalam berbagai cara dan untuk penyebab yang berbeda-beda. Sumber informasi yang paling penting yang kaitannya dengan penyebab perpatahan adalah **permukaan patahan** itu sendiri.

Permukaan Patahan merupakan rekaman detail dari rangkaian sejarah komponen yang patah karena berisi :

- data sejarah pembebanan
- data pengaruh lingkungan
- data kualitas bahan/material

Teknik ini untuk menganalisa bukti (*evidence*) dengan menggunakan SEM FRACTOGRAPHY → tujuannya : mengerti bagaimana komponen tsb patah & bagaimana lingkungan mempengaruhinya.

# PERPATAHAN ULET

## Ciri-cirinya :

1. Ada deformasi plastis
2. Permukaan kusam/buram dan berserat
3. Tegangan geser dominan
4. Bentuk patahan “Cup & Cone” dengan  $\theta_{\text{max}}$
- 5  $\theta_{\text{hom}}$  atau  $\theta_{\text{slip}}$

Apek struktur-mikro : Dengan SEM tampak “dimple”

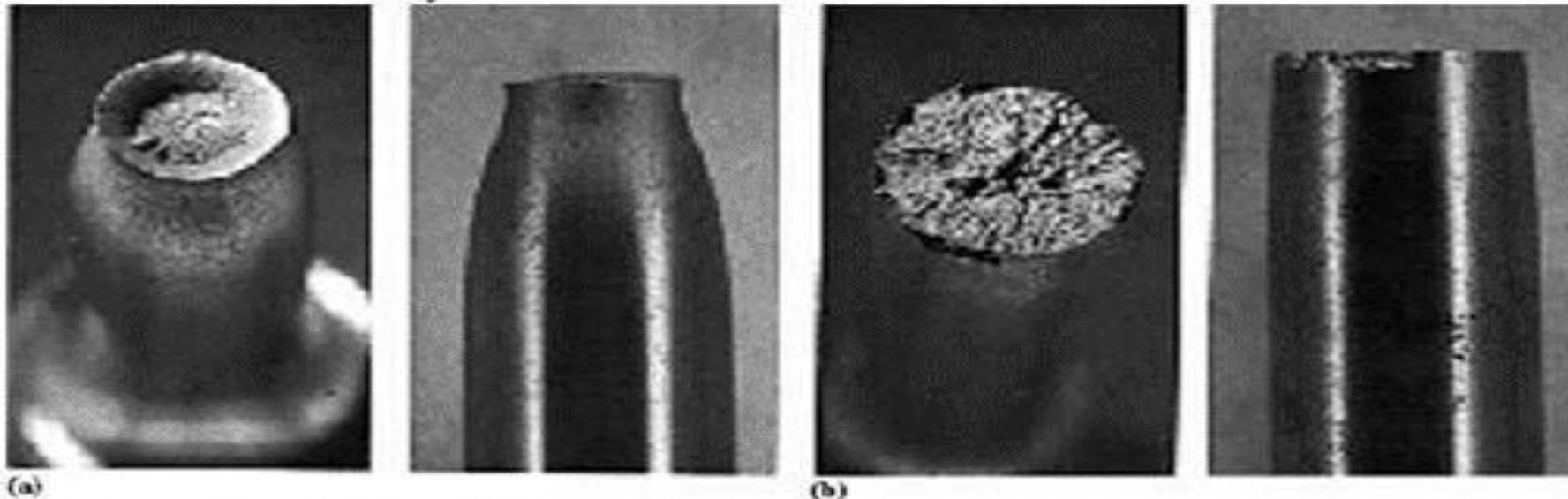


Fig. 1. Appearance of ductile (a) and brittle (b) tensile fractures. Source: Ref 1.

## PERPATAHAN ULET DENGAN SEM

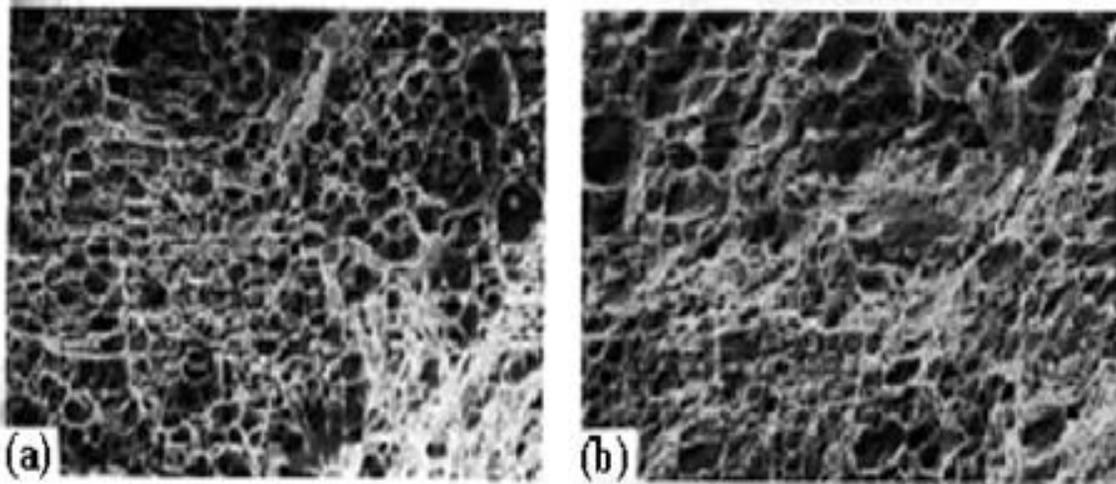


Fig. 3. Fractographs of a ductile cup-and-cone fracture surface. (a) Bottom of the cup. (b) Sidewall of the cup. SEM. 650X. Source: Ref 2.

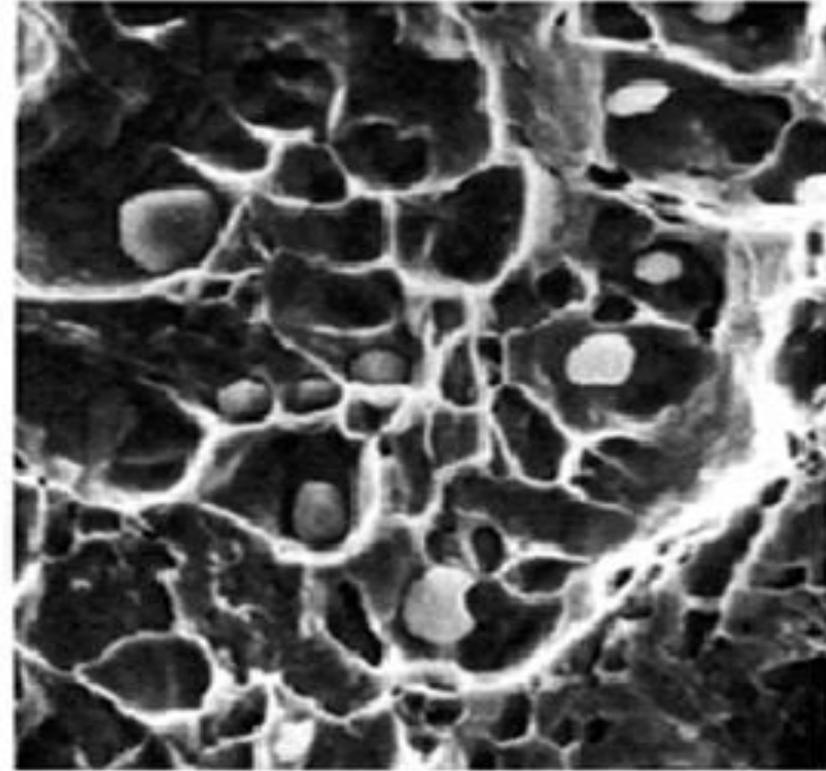


Fig. 4. Large and small sulfide inclusions in a ductile dimple fracture. SEM. 5000X. Courtesy of

# PERPATAHAN GETAS

## Ciri-cirinya :

1. Tidak Ada deformasi plastis
2. Permukaan terang dan kristalin
3. Permukaan patahan  $\alpha_2$  utama
4. Ada “chevron marks” atau “hearing bone marks”

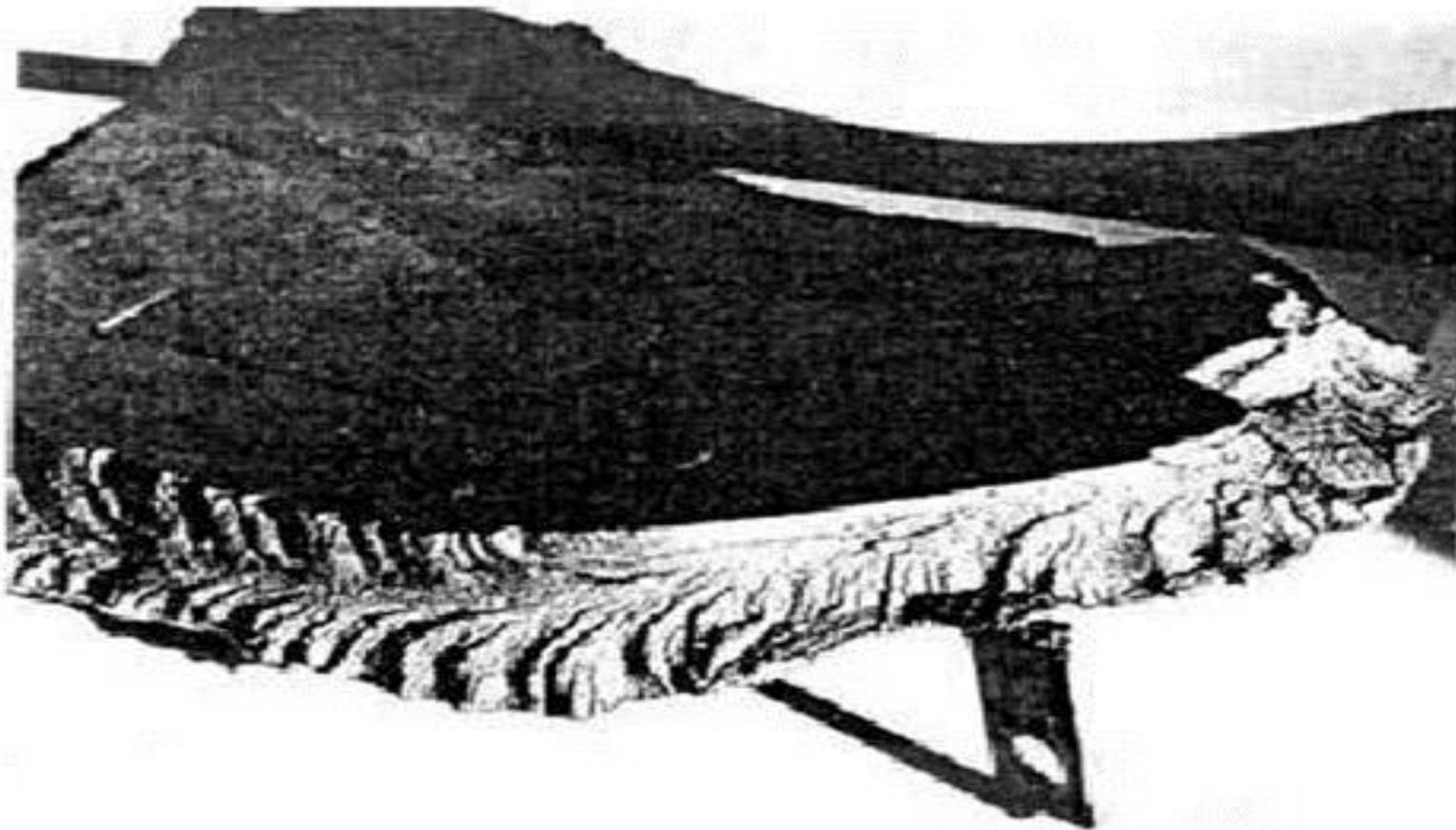
## Faktor-faktor utama :

- Stress konsentrasi
- Tegangan tarik
- Temperatur relatif rendah

## Aspek struktur-mikro :

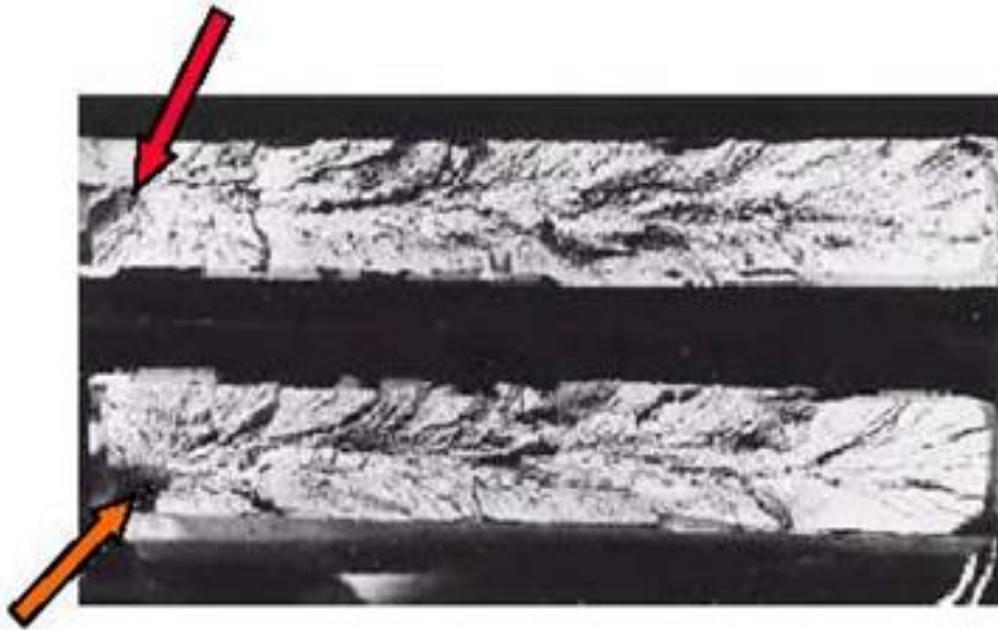
1. Butir kasar  $\alpha_2$  susunan facet pada permukaan belah atau pola sungai (*river patern*)
2. Kadang-kadang antara ciri-ciri *cleavage* ada *dimple*
3. Pada Polifase (perlite  $\alpha_2$   $\alpha_2$ + Fe<sub>3</sub>C) terdapat “garis” dan “dimple”.

## Chevron Marks



**Fig. 3. Fragment of a thick-walled fractured drum. The fracture, which started at the right side of the photo, ran rapidly to the left, resulting in a well-defined chevron pattern. (Ref 10)**

## Brittle fracture

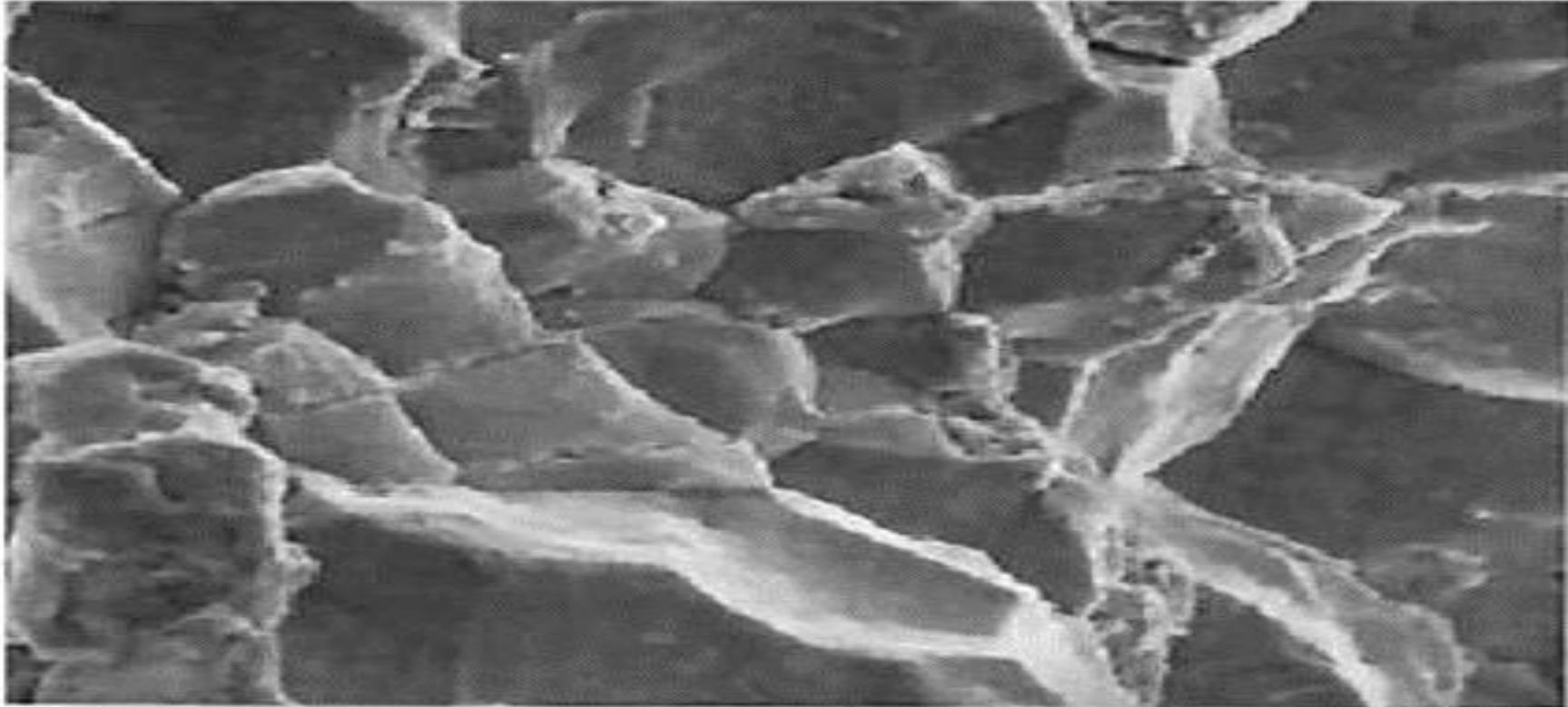


*Photograph showing V-shaped "chevron" markings characteristic of brittle fracture. Arrows indicate origin of crack.*

*Photograph of a brittle fracture surface showing radial fan-shaped ridges. Arrow indicates origin of crack.*



## PATAH GETAS PADA SEM (400X)



**Fig. 14. Intergranular fracture in hardened steel, viewed under the scanning electron microscope. Note that fracture takes place between the grains; thus the fracture surface has a rock candy appearance that reveals the shapes of part of the individual grains. 2000x; shown here at 75%.**

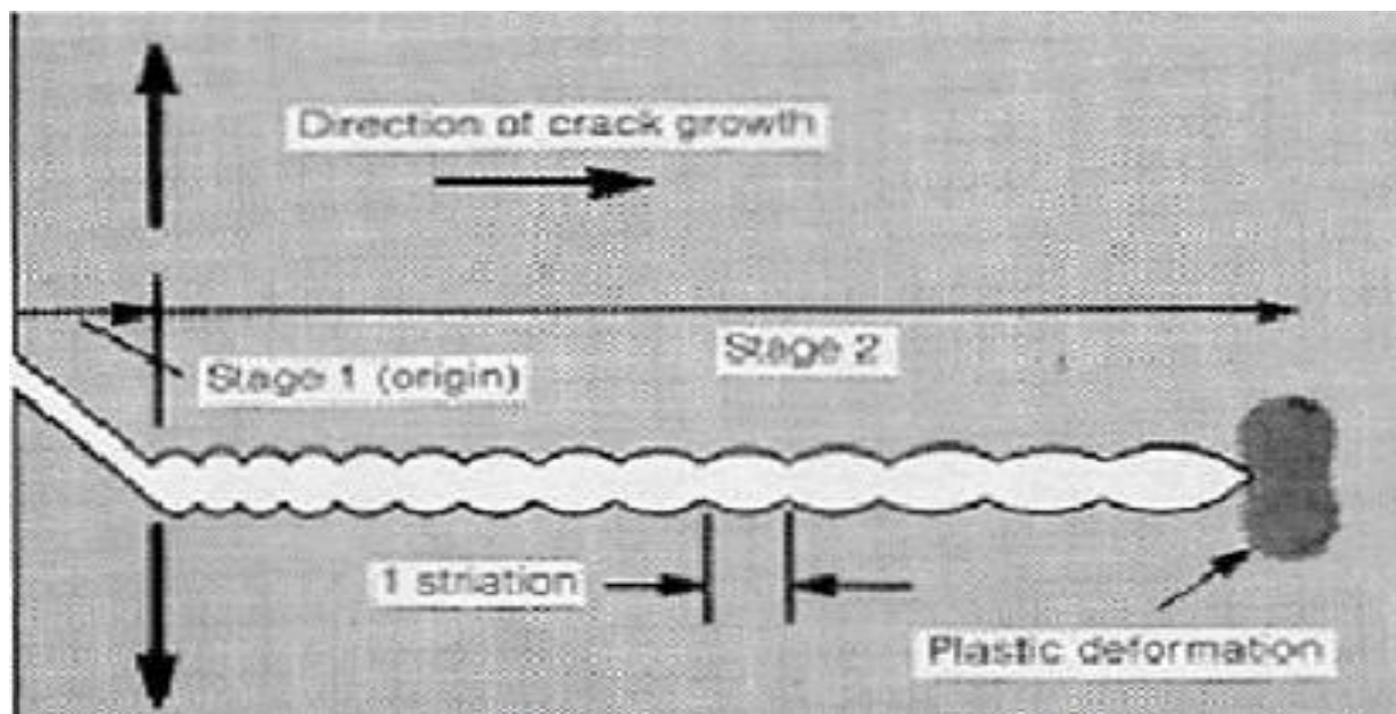
# PERPATAHAN FATIK

## Ciri-cirinya :

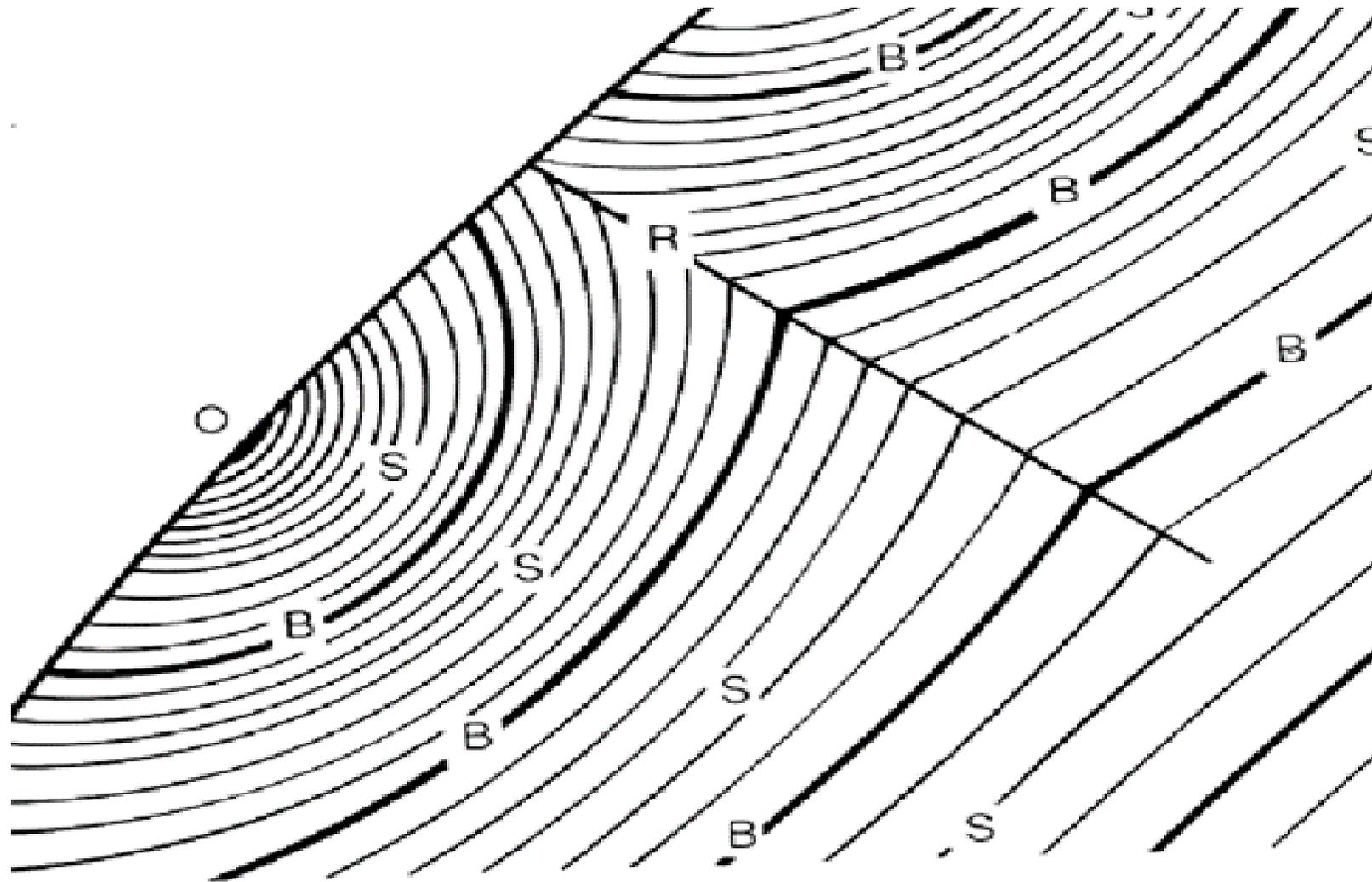
1. Deformasi plastis sedikit sekali atau hampir tidak ada
2. Perpatahannya progresif, berawal dari retak halus yang merambat akibat beban ber-fluktuatif
3. Ada “beach marks” atau “ratchet marks”

## Tahapan perpatahan :

1. Inisiasi
2. Perambatan
3. Patahan akhir

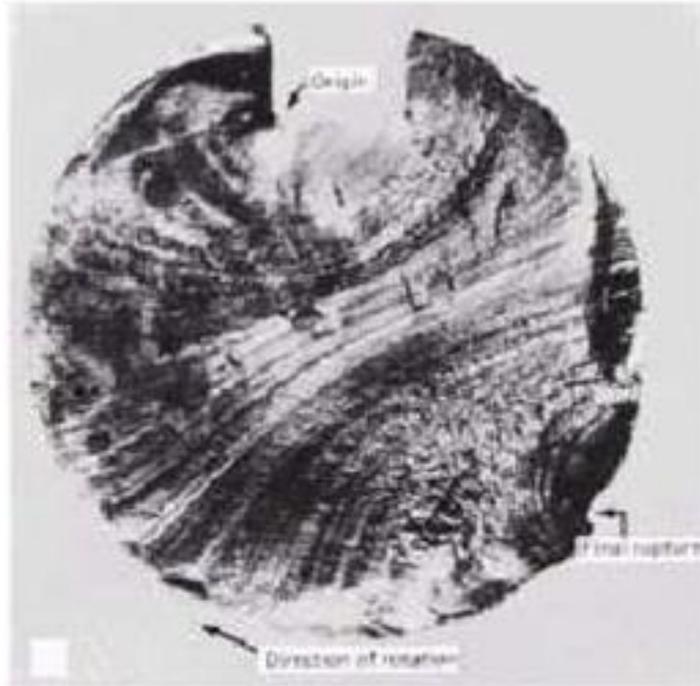


## Striation vs Beach Marks

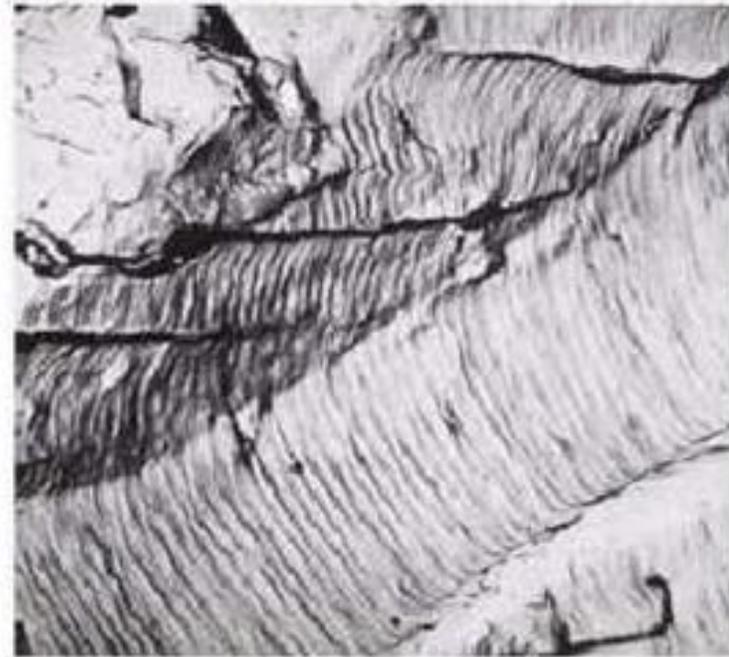


Schematic, highly enlarged sketch of typical fatigue-fracture surface.

# FATIGUE FRACTURE



*Fracture surface of a rotating steel shaft that experienced fatigue failure. Beachmark ridges are visible in the photograph.*



*Transmission electron fractograph showing fatigue striations in aluminum.*

1. **Sebutkan faktor-faktor Penyebab Kerusakan. Jelaskan Salah Satu penyebab (faktor) dari kerusakan material tersebut.**
2. **Haruskah seluruh tahapan dalam FA dilakukan ! Jelaskan secara singkat**
3. **Apa yang dimaksud dengan “FRAKTOGRAFI” dan sebutkan *tools* untuk fraktografi tersebut.**
4. **Sebutkan jenis data awal apa saja yang dibutuhkan dalam FA (*historical background*)**
5. **Bandingkan antara hasil pengamatan fraktografi dengan menggunakan mikroskop optik, SEM dan TEM.**